

INSPEÇÃO A SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO E CONCEÇÃO DE
UM SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO APLICADO EM
EDIFÍCIOS UNIVERSITÁRIOS

José João de Sampaio Maia Lima Costa

Dissertação submetida para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Mecânica
Área de Especialização de Energia

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



julho de 2015

Relatório da Unidade Curricular Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado
em Engenharia Mecânica – Área de Especialização em Energia.

Candidato: José João de Sampaio Maia Lima Costa, N° 1880054, 1880054@isep.ipp.pt
Orientação Científica: Professora Doutora Olga dos Remédios Sobral Castro, orc@isep.ipp.pt

Instituição: Universidade do Minho
Supervisão: Doutora Maria Helena Arranhado Carrasco Campos

Mestrado em Engenharia Mecânica
Área de Especialização de Energia
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



junho de 2015

Dedico este trabalho à minha mulher, à minha filha, à minha família e aos meus amigos.

Agradecimentos

Agradeço a todos os que contribuíram para este trabalho que assinala mais um passo na minha formação académica e humana, nomeadamente:

- À minha orientadora Professora Doutora Olga dos Remédios Sobral Castro pelo entusiasmo, conhecimento científico, experiência, método, e análise crítica, uma constante ao longo de toda a redação desta tese;

- À Diretora dos Serviços Técnicos da Universidade do Minho, Dr.^a Maria Helena Carasco Campos, por todo o apoio na realização deste trabalho em contexto profissional, por toda a colaboração e partilha de conhecimento adquirido ao longo da sua carreira académica e profissional;

- Aos meus colegas de trabalho dos Serviços Técnicos da Universidade do Minho, o Mestre Ricardo Lobão e o Sr. Pedro Carvalho, pela colaboração no desempenho das minhas funções;

- Ao meu colega Dr. José Rui Gomes e ao aluno do mestrado de engenharia informática, Henrique Vieira, da Universidade do Minho, pela colaboração e paciência demonstrada no desenvolvimento da aplicação informática de gestão da manutenção;

- Aos meus colegas de mestrado. Alunos ímpares e amigos inolvidáveis;

- Ao Professor Doutor Leonardo Ribeiro, por todo o apoio e conhecimento transmitido ao longo do mestrado;

- Ao Professor Doutor André Dias, pelas sugestões preciosas que me deu relativamente ao \LaTeX , ferramenta informática utilizada na redação deste trabalho;

- À minha família e amigos, por toda a motivação incutida e compreensão para o tempo que não foi com eles partilhado. A eles devo quem sou hoje.

Resumo

Os requisitos legais impostos ao processo de manutenção das instalações de AVAC em edifícios evoluíram nos últimos 10 anos no sentido de uma crescente exigência, obrigando à existência de planos de manutenção preventiva, livros de ocorrências, inspeções obrigatórias a equipamentos, auditorias ou certificações energéticas. Para os responsáveis da gestão da manutenção de edifícios, em particular para os que gerem uma quantidade significativa de equipamentos e instalações, fazê-lo sem o auxílio de uma ferramenta informática é um desafio considerável.

Este trabalho visou a arquitetura de um sistema de gestão da manutenção de edifícios que foi aplicado a um caso real, nomeadamente o *campus* de Azurém da Universidade do Minho.

Foi desenvolvida uma metodologia de inspeção, recolha e tratamento da informação para os sistemas técnicos de AVAC existentes nos edifícios. Esta metodologia foi implementada numa aplicação informática que permite aos técnicos responsáveis pela manutenção uma agilização de tarefas, resultado de um vasto conjunto de informações e de ferramentas desenvolvidas propositadamente, facilmente acessíveis através da rede *Wi-Fi* universitária.

A integração das tarefas de manutenção na aplicação informática permitirá aumentar o grau de eficiência e eficácia nas atividades inerentes à manutenção, aumentando o grau de satisfação dos técnicos envolvidos no processo e dos utentes dos edifícios. O registo das tarefas de manutenção realizadas e dos respetivos custos em bases de dados, tornará também possível a geração de relatórios que sustentarão decisões mais assertivas.

A implementação na aplicação informática dos seis módulos estruturais do Sistema de Gestão da Manutenção e Consumos Energéticos, SGMCE, permitirá atingir um nível de gestão da manutenção mais elevado, criando condições para o efetuar o comissionamento.

O comissionamento prolonga-se por toda a vida do edifício, permitindo atingir os objetivos designados pelo seu promotor, dentro de patamares de custos de exploração energéticos e de custos otimizados de manutenção.

Palavras-chave : Sistema de Gestão da Manutenção, Inspeção a Sistemas AVAC, Comissionamento de Edifícios Universitários, Climatização, Plano de Manutenção Preventiva.

Abstract

Regulatory requirements of the maintenance process of HVAC facilities in buildings developed over the last 10 years towards a greater demand, requiring the existence of preventive maintenance plans, occurrence registration books, equipments mandatory inspections, energy audits and energy certificates. For the building maintenance management technicians, in particular for those who manage a significant amount of equipments and facilities, to do so, without the aid of a software tool, it is a considerable challenge.

This work aimed at the architecture of a management system for building maintenance that was applied to a real case, namely *Azurém* campus of the University of Minho.

An inspection methodology, collection and data processing for the existing HVAC technical systems in buildings was developed. This methodology was implemented on a computer application that enables maintenance technicians to speed up maintenance tasks, due to a wide range of information and fully purpose developed tools that are easily accessible via the university Wi-Fi network.

The integration of maintenance tasks on the informatics application will enhance the efficiency and effectiveness in the maintenance activities, increasing the level of satisfaction of the technicians involved in this process and users of buildings. The recording of maintenance tasks and related costs in databases will enable to generate reports that will sustain more assertive decisions of maintenance managers.

The informatics application of the six structural modules of the maintenance management system and energy consumption, SGMCE, will achieve an even higher level in maintenance management, creating conditions to carry out the commissioning of buildings.

Commissioning extends throughout the life of the building and allows to achieve the goals designed by the owner's, within controlled thresholds of energy operating costs and optimized maintenance costs.

Keywords: Maintenance Management System, HVAC Systems Inspection, Commissioning Work for University Buildings, Air Conditioning, Preventive Maintenance Plan.

Conteúdo

Resumo	i
Abstract	iii
Nomenclatura	xi
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento da tese	1
1.2 Enunciado do problema e objetivos	5
1.3 Metodologia	6
1.4 Conteúdo da tese	7
2 Contornos do caso prático	9
2.1 A Universidade, os STEC, os edifícios e os sistemas AVAC	9
2.1.1 A Universidade do Minho	9
2.1.2 Os Serviços Técnicos da UM	10
2.1.3 Edifícios e sistemas AVAC	11
2.2 Oportunidades, dificuldades e limitações	13
2.2.1 Oportunidades	13
2.2.2 Dificuldades	14
2.2.3 Limitações	15
3 Manutenção e comissionamento	17
3.1 Enquadramento histórico e revisão bibliográfica	17
3.2 Legislação nacional	20
3.2.1 Retrospectiva legislativa	20
3.2.2 Atualidade legislativa	22
3.2.3 Comissionamento	31
3.3 Normas da manutenção	38
3.3.1 Normas NP, NP EN e EN	38
3.3.2 Normas UNE	40
3.3.3 Doença dos legionários	40
3.4 Terminologia de manutenção	40
3.5 Indicadores de manutenção	47

4	Inspeção, recolha e tratamento da informação	51
4.1	As etapas da inspeção	51
4.1.1	Recolha da informação existente	51
4.1.2	Inspeção deambulatória	53
4.1.3	Preparação da inspeção	54
4.1.4	Inspeção a equipamentos e sistemas AVAC	59
4.2	Tratamento e organização da informação recolhida	72
4.3	Definição de consumíveis a reter em armazém	74
4.4	As rotinas do PMP e os formulários de funcionamento	75
5	O Sistema de gestão da manutenção	81
5.1	Ferramentas informáticas utilizadas	81
5.2	A visão na génese do sistema de gestão da manutenção	81
5.3	O livro de ocorrências	85
5.4	O mapa de processos das ordens de trabalho	85
5.5	A codificação utilizada no sistema de gestão	87
5.5.1	A codificação utilizada para os equipamentos da infraestrutura AVAC	87
5.5.2	A codificação utilizada nas ordens de trabalho	91
5.5.3	A codificação das categorias profissionais dos técnicos AVAC	92
5.5.4	A codificação utilizada na gestão dos consumíveis	93
5.5.5	A codificação utilizada na gestão da instrumentação	94
5.6	A estrutura do sistema de gestão da manutenção	95
5.6.1	Módulo de Manutenção	97
5.6.2	Módulo de Gestão	108
5.6.3	Módulo de Técnicos de manutenção	115
5.6.4	Módulo de Instrumentação	117
5.6.5	Módulo de Consumos energéticos	118
5.6.6	Módulo de Relatórios e indicadores chaves de desempenho	118
6	Conclusões e trabalho futuro	121
6.1	Conclusões	121
6.2	Trabalho futuro	122
	Bibliografia	125

Lista de Tabelas

3.1	Normas da manutenção NP, NP EN e EN	39
3.2	Normas da manutenção UNE	40
4.1	Exemplo de ficha para registo de dados e características de equipamentos	56
4.2	Exemplo de ficha de características técnicas de um <i>Chiller</i>	57
4.3	Integração da informação relativa a equipamentos com os locais de um edifício	73
4.4	Equipamentos de um edifício organizados por famílias	74
4.5	Rotinas de manutenção preventiva de uma família de equipamentos	76
4.6	Exemplo de um formulário para registo dos dados de funcionamento	79
5.1	Codificação utilizada para as cidades onde a UM tem edificações	88
5.2	Codificação utilizada para os edifícios da UM localizados em Guimarães	88
5.3	Codificação utilizada para os centro de custos - exemplos	89
5.4	Codificação utilizada para os equipamentos de AVAC no <i>campus</i> de Azurém	89
5.5	Codificação utilizada para as famílias de equipamentos	90
5.6	Codificação utilizada nas ordens de trabalho	92
5.7	Codificação utilizada para as categorias profissionais	92
5.8	Codificação utilizada para as famílias de consumíveis	93
5.9	Codificação utilizada para as famílias de instrumentos	94

Lista de Figuras

1.1	Consumo final de energia por sector, Europa a 28 países	1
1.2	Evolução do consumo de energia final por atividade em Portugal	2
1.3	Evolução do consumo de energia primária em alguns países da Europa	2
1.4	Evolução do consumo total de energia primária e do PIB em Portugal	3
1.5	Metodologia seguida nas diferentes fases do trabalho descrito nesta tese	6
2.1	Número de alunos, docentes e investigadores e não docentes da UM (2013)	9
2.2	O <i>campus</i> universitário de Azurém	12
3.1	As crescentes expectativas da manutenção	19
3.2	As mudanças nas técnicas de manutenção	19
3.3	Altura em que o problema é detetado <i>versus</i> custo de reparação	32
3.4	Página de <i>internet</i> - <i>Lawrence Berkeley National Laboratory - EnergyIQ</i>	34
3.5	Página de <i>internet</i> - <i>Energy Star - U.S. Environmental Protection Agency</i>	35
3.6	Exemplo de relatório da <i>Energy Star</i>	35
3.7	Página de <i>internet</i> - <i>Data Hub for the Energy Performance of Buildings</i>	36
3.8	Ciclo de comissionamento para edificios existentes	37
3.9	Classificação da manutenção	41
4.1	Material aconselhado para a inspeção a equipamentos e sistemas - 1	58
5.1	QR <i>Code</i>	84
5.2	Mapa de processos das ordens de trabalho	86
5.3	Sistematização da codificação dos equipamentos AVAC	88
5.4	Esquema da matriz de codificação dos equipamentos AVAC	91
5.5	Esquema da matriz de codificação das ordens de trabalho	91
5.6	Esquema da estrutura modular do SGMCE	95
5.7	Captura de ecrã - página inicial do SGMCE	95
5.8	Opções iniciais do módulo de Manutenção	97
5.9	Captura de ecrã - opções iniciais do módulo de Manutenção	97
5.10	<i>Submenus</i> da opção famílias e rotinas	98
5.11	Captura de ecrã - <i>submenus</i> da opção famílias e rotinas	98
5.12	Captura de ecrã - <i>menu</i> especialidades da opção famílias e rotinas	99
5.13	Captura de ecrã - <i>menu</i> famílias associadas à especialidade AVAC	99

5.14	Captura de ecrã - <i>menu</i> rotinas - rotinas parciais da família 17	99
5.15	Opção famílias e rotinas - módulo de Manutenção	100
5.16	Captura de ecrã - <i>menu</i> localização do edifício	101
5.17	Captura de ecrã - <i>menu</i> seleção do edifício	101
5.18	Captura de ecrã - <i>menu</i> associar especialidade a edifício	101
5.19	Captura de ecrã - <i>menu</i> ficha técnica do edifício	102
5.20	Captura de ecrã - <i>menu</i> livro de ocorrências do edifício	103
5.21	Captura de ecrã - listagem de famílias pertencentes à especialidade AVAC .	103
5.22	Captura de ecrã - listagem de equipamentos da família 17	103
5.23	Captura de ecrã - Ficha técnica do equipamento VE2	104
5.24	Captura de ecrã - grau de execução das rotinas do PMP aplicáveis ao VE2	105
5.25	Captura de ecrã - ordens de trabalho efetuadas no equipamento VE2 . . .	105
5.26	Captura de ecrã - seleção do mês para emissão de OT preventiva	106
5.27	Captura de ecrã - <i>menu</i> sistemas	107
5.28	Estrutura do módulo de Gestão	108
5.29	Captura de ecrã - <i>menu</i> gestão - seleção da especialidade	109
5.30	Captura de ecrã - <i>menu</i> gestão - opções associadas à especialidade	109
5.31	Captura de ecrã - <i>menu</i> fornecedores	110
5.32	Captura de ecrã - <i>menu</i> inserir técnico	110
5.33	Captura de ecrã - <i>menu</i> gestão de ordens de trabalho	110
5.34	Captura de ecrã - associar técnicos às ordens de trabalho	111
5.35	Captura de ecrã - <i>menu</i> consumíveis	112
5.36	Captura de ecrã - <i>menu</i> inserir famílias	113
5.37	Captura de ecrã - <i>menu</i> inserir consumíveis	113
5.38	Captura de ecrã - <i>menu</i> <i>stock</i> de consumíveis	114
5.39	Estrutura do módulo de Técnicos de manutenção	115
5.40	Estrutura do módulo de Instrumentação	117

Nomenclatura

Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

ADENE	<i>Agência para a Energia</i>
ANDROID	<i>Sistema operativo móvel desenvolvido pela Google</i>
AVAC	<i>Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado</i>
CE	<i>Conformité Européenne</i>
CNQ	<i>Quadro Nacional de Qualificações</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DGEG	<i>Direção Geral de Energia e Geologia</i>
D.R.	<i>Diário da República</i>
EN	<i>European Normative</i>
EPDB	<i>European Performance Directive for Buildings</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
INCI, I.P.	<i>Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P.</i>
IOS	<i>Sistema operativo móvel desenvolvido pela Apple</i>
ISEP	<i>Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
KPIs	<i>Key Performance Indicators</i>
MySQL	<i>My Structered Query Language</i>
NP	<i>Norma Portuguesa</i>
NP EN	<i>Versão Portuguesa da Norma Europeia</i>
OT	<i>Ordem de Trabalho</i>
OTs	<i>Ordens de Trabalho</i>
PNAEE	<i>Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética</i>
PNAER	<i>Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
PM	<i>Plano de Manutenção</i>
PMP	<i>Plano de Manutenção Preventiva</i>
PQ	<i>Perito Qualificado</i>
QAI	<i>Qualidade do Ar Interior</i>
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
RECS	<i>Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços</i>
REH	<i>Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação</i>
RSECE	<i>Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios</i>
SASUM	<i>Serviços de Ação Social da Universidade do Minho</i>

SCE	<i>Sistema de Certificação Energética dos Edifícios</i>
SGMCE	<i>Sistema de Gestão da Manutenção e dos Consumos Energéticos</i>
STEC	<i>Serviços Técnicos da Universidade do Minho</i>
TIM	<i>Técnico de Instalação e Manutenção</i>
TRF	<i>Técnico Responsável pelo Funcionamento</i>
UE	<i>União Europeia</i>
UM	<i>Universidade do Minho</i>
UNE	<i>Una Norma Española</i>
Wi-Fi	<i>Wireless local area network</i>
Windows	<i>Sistema operativo desenvolvido pela Microsoft</i>

Unidades

kW	Kilowatt
MW	Megawatt

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento da tese

Na Europa a 28, o consumo energético nos edifícios representa aproximadamente 40% do consumo interno bruto total, cabendo aos edifícios de serviços uma parcela de 13,5% desse valor global - Figura 1.1.

A manutenção e por conseguinte o desempenho dos sistemas energéticos de climatização dos edifícios, tem um peso significativo no seu consumo energético global. Possíveis melhorias nos planos e rotinas de manutenção representam pois um potencial de poupança significativo.

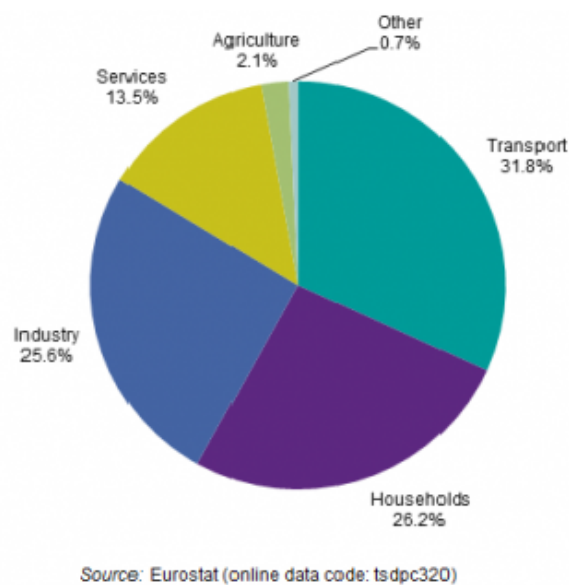


Figura 1.1: Consumo final de energia por sector, Europa a 28 países, 2012 (% do total, baseado em toneladas equivalentes de petróleo) (European Commission Eurostat, 2015).

Em Portugal o consumo energético por sector de atividade tem o perfil apresentado na Figura 1.2.

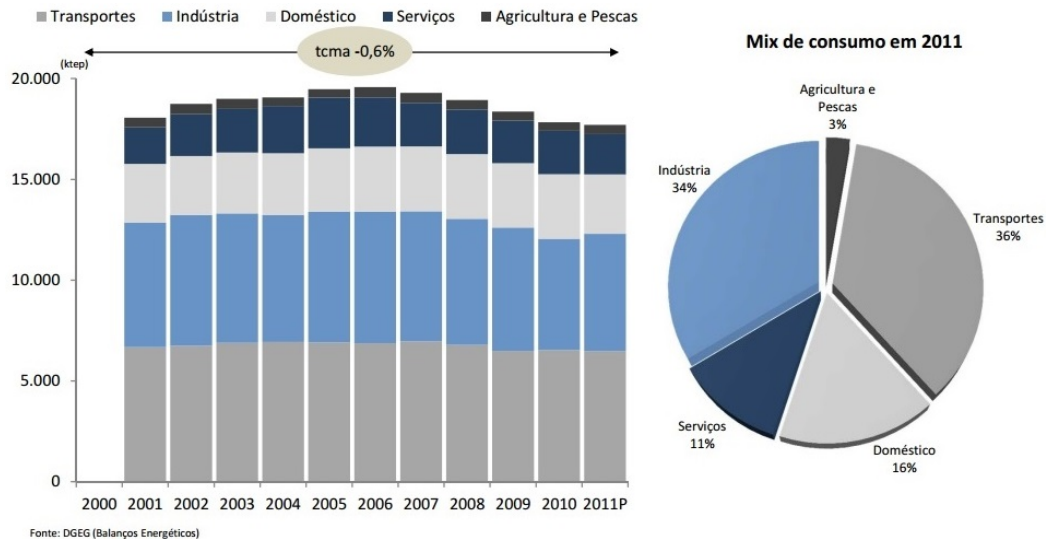


Figura 1.2: Evolução do consumo de energia final por setor de atividade em Portugal (Bernardo, 2013).

Registada a diferença de um ano entre os dados representados nos gráficos das Figuras 1.1 e 1.2, constata-se em Portugal consumos energéticos no setor dos serviços ligeiramente aquém da média europeia (11% vs 13,5%), sendo a diferença mais acentuada no setor doméstico (16% vs 26,2%).

O consumo interno de energia primária na Europa tem vindo a cair nos últimos anos, facto muito influenciado pela atual crise económica (Bernardo, 2013).

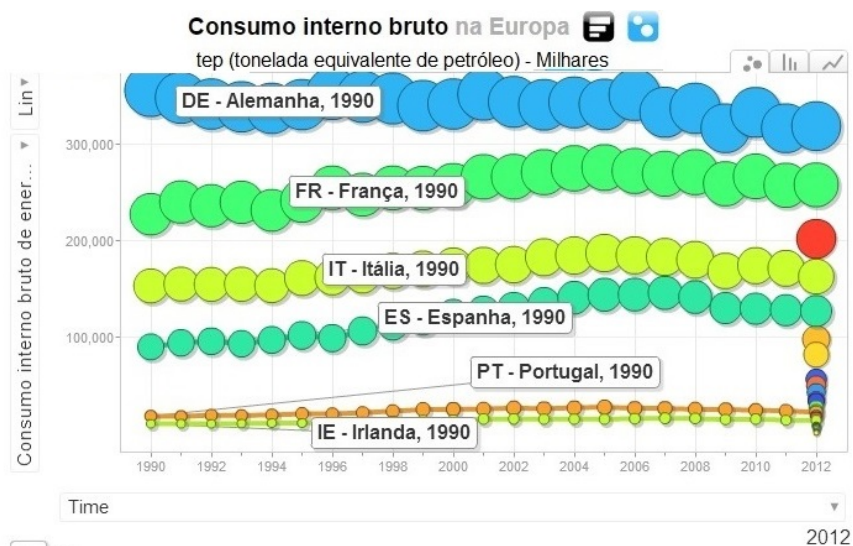


Figura 1.3: Evolução do consumo de energia primária em alguns países da Europa, Pordata (2015).

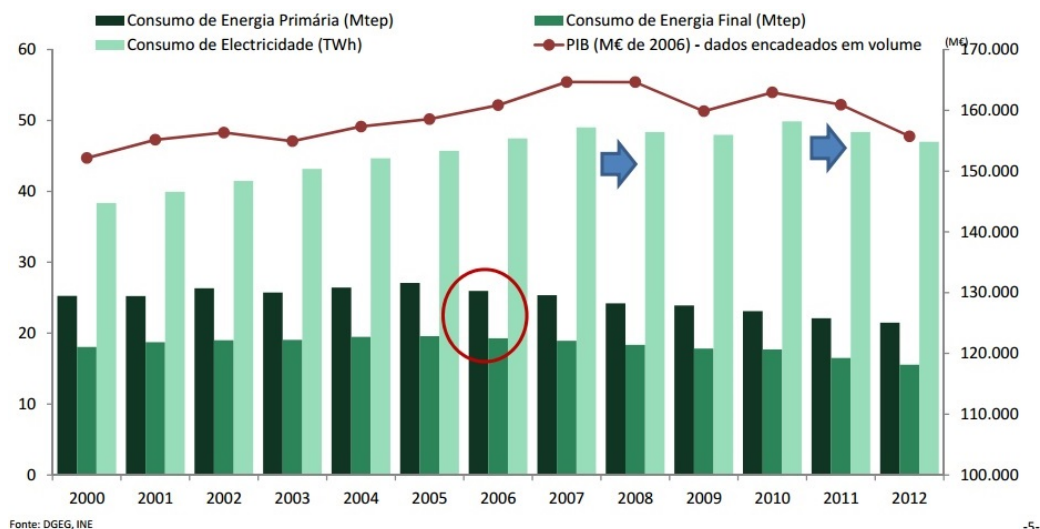


Figura 1.4: Evolução do consumo total de energia primária e do PIB em Portugal (Bernardo, 2013).

Como pode ser aferido pela leitura do gráfico da Figura 1.4, Portugal tem acompanhado a tendência europeia (Figura 1.3) em termos de consumo de energia primária.

A Europa tem vindo ao longo das últimas décadas a impor uma série de metas aos seus estados membros no sentido de reduzir a dependência energética, promovendo o uso de energias renováveis e a eficiência energética.

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, PNAEE e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis, PNAER, são ferramentas de planeamento energético com que Portugal procura atingir os objetivos impostos pela União Europeia.

O PNAEE 2016 prevê uma poupança induzida de 8,2% de energia até 2016, com os contributos na redução dos consumos energéticos distribuídos por vários setores de atividade, entre os quais se destaca o Residencial e serviços (42% de potenciais economias) e o Estado (7% de potenciais economias).

O PNAER 2020, prevê até 2020 uma quota de eletricidade de base renovável de 60% e uma meta global prevista de aproximadamente 35% de fontes de energia renovável no consumo final bruto de energia, contra os 31% estabelecidos como meta. Esta ferramenta estabelece as trajetórias de introdução de fontes de energia renováveis em três grandes setores: eletricidade, aquecimento e arrefecimento e transportes.

Para o este horizonte de 2020, o Governo de Portugal estabeleceu um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico para a administração pública de redução de 30% (Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, 2013).

Uma das medidas de eficiência energética implementada pela União Europeia, foi precisamente a obrigação da certificação energética dos edifícios. Em Portugal, foi criado o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, SCE, para dar cumprimento a esta imposição.

Com esta obrigatoriedade surgiram uma série de requisitos a cumprir pelos proprietários ou usufrutuários dos edifícios. A existência de um plano de manutenção preventiva para os sistemas energéticos de climatização e de técnicos qualificados responsáveis pelo seu cumprimento, são apenas duas das inúmeras exigências que importam agora cumprir. Esta regulamentação, no que diz respeito à manutenção, será abordada com mais detalhe no ponto 3.2.2 desta tese.

Para além das imposições legais, e não menos importante, a manutenção dos edifícios tem implicações diretas na salubridade e no rendimento laboral dos seus ocupantes, nos consumos dos diversos sistemas energéticos e portanto na sustentabilidade financeira e ambiental das instituições.

Na publicação *O Trabalho em Escolas Urbanas*, [Corcoran et al. \(1988\)](#) descreveram as condições de trabalho dos professores urbanos. As condições físicas de muitos edifícios foram consideradas pelos autores, abaixo do padrão devido à falta de reparação e de manutenção preventiva – mesmo em edifícios novos. As boas condições de trabalho verificadas nas “melhores” escolas incluíam o cumprimento adequado da manutenção dos seus espaços.

Complementarmente, vários equipamentos ou instalações que vulgarmente se encontram nos edifícios de serviços, são alvo de ensaios ou inspeções periódicas obrigatórias. É o caso dos equipamentos sob pressão, das redes internas de gás, dos extintores de incêndio ou mesmo dos equipamentos conversores de energia térmica.

Gerir um parque de equipamentos com estes requisitos, na maioria dos casos em quantidade significativa, de natureza diversa e com rotinas específicas de manutenção é um desafio. É necessário administrar extensas listas de rotinas, datas de intervenção ou inspeção, materiais em armazém e técnicos ou empresas subcontratadas. Este processo, sem o auxílio de uma ferramenta informática de gestão da informação, é uma tarefa de execução complexa, com consumos de recursos humanos e materiais significativos. A ausência da sistematização da informação potencia um maior número de falhas, pesquisas de informação demoradas, desconectadas ou incompletas.

Os programas comerciais de gestão integrada existentes em empresas ou instituições, estão essencialmente vocacionados para as vertentes financeira e comercial. Estes *softwares* permitem programações que procuram gerir processos técnicos específicos mas que normalmente ficam aquém do expectável pelo gestor da manutenção, em termos operacionais. Por norma representam também custos de implementação e atualização significativos.

1.2 Enunciado do problema e objetivos

O desafio primário que deu origem a esta tese foi o desenvolvimento de uma metodologia de trabalho culminasse na sistematização de rotinas de manutenção preventiva aplicáveis aos sistemas energéticos de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado, AVAC, em edifícios existentes.

A Universidade do Minho, UM, instituição onde o presente trabalho foi desenvolvido, é uma referência internacional em termos das mais diversas áreas do conhecimento humano e científico. Reúne pois internamente, o saber necessário à implementação de um sistema dedicado à gestão dos diversos processos integrados na atividade da manutenção.

O envolvimento neste desafio de uma equipa técnica com valências distintas como a engenharia mecânica, a informática, ou a engenharia civil, trabalhando em conjunto em prol da UM, constitui *per si* uma motivação adicional. Sem a sua contribuição não seria possível desenvolver a aplicação informática descrita no capítulo 5.

Listam-se de seguida os objetivos alcançados com este trabalho:

- a) A busca contínua da inovação, de tornar um processo mais eficiente e eficaz, integrando e maximizando os meios disponíveis, é algo que não pode ser perdido de vista em instituições que têm sofrido consecutivas restrições orçamentais;
- b) A arquitetura de um sistema de gestão da manutenção de acordo com a legislação;
- c) O desenvolvimento e implementação de um sistema informático de gestão da manutenção com carácter transversal permitindo integrar as diversas infraestruturas dos edifícios da UM;
- d) A criação de uma aplicação móvel que tire partido da ampla cobertura da rede *Wi-Fi eduroam* presente nos edifícios da instituição. Esta aplicação permitirá de forma quase imediata, através de um sistema de etiquetagem do tipo *QR Code*, aceder à informação técnica de cada equipamento no seu local de instalação. Assim será possível visualizar em tempo real manuais, fichas técnicas, históricos da manutenção e rotinas de trabalho em curso, relativos a cada equipamento;
- e) A criação de um documento de tese que sirva de *guide book* para quem pretenda implementar um plano de manutenção preventiva, PMP, a sistemas AVAC em edifícios existentes.

1.3 Metodologia

A Figura 1.5 pretende ilustrar as diferentes fases do trabalho realizado, que vão sendo detalhadas ao longo desta tese.

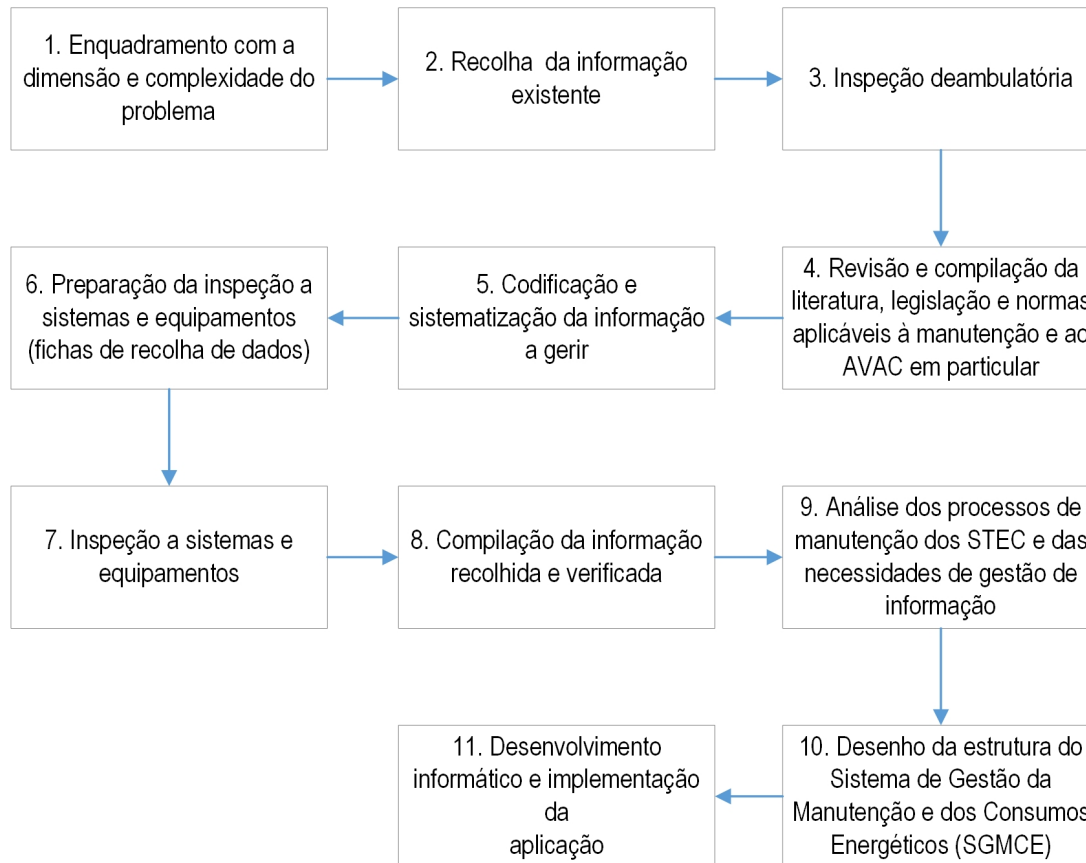


Figura 1.5: Metodologia seguida nas diferentes fases do trabalho descrito nesta tese

Inicialmente foi analisado o parque de edifícios na sua globalidade e registadas as competências de gestão que estão sob a alçada dos Serviços Técnicos da Universidade do Minho, STEC (1). Reuniu-se a informação existente sobre as infraestruturas dos edifícios, com enfoque para as infraestruturas de AVAC (2). Realizaram-se após estas etapas, as visitas com carácter deambulatório aos edifícios e às referidas infraestruturas (3).

De seguida procedeu-se à compilação de toda a legislação, normas e literatura, relacionadas com a manutenção dos sistemas de AVAC (4).

Foi então estabelecido o sistema de codificação a utilizar na identificação de famílias de equipamentos e sistemas, bem como dos próprios equipamentos ou sistemas em si (5). Foram também desenhados os formulários para recolha de características de equipamentos

durante a fase de inspeção aos sistemas de AVAC (6).

Uma vez realizada a referida inspeção (7), a informação recolhida foi cruzada com a informação existente. Foi depois compilada e organizada de forma a relacionar os diferentes equipamentos com os espaços e com os edifícios onde se encontram instalados (8).

Estudaram-se também os processos de manutenção dos STEC e registaram-se as necessidades de gestão de informação (9).

Com base nos processos de manutenção, nas necessidades de informação a gerir e nas rotinas estabelecidas para a manutenção preventiva dos equipamentos e sistemas de AVAC, foi então desenhada a estrutura do Sistema de Gestão da Manutenção e dos Consumos Energéticos, SGMCE, (10) que esteve na base do desenvolvimento da aplicação informática (11).

1.4 Conteúdo da tese

A presente tese está dividida em seis capítulos.

No primeiro e presente capítulo é feito o enquadramento do tema escolhido, são enunciados o problema e os objetivos da tese, e é descrita a metodologia seguida na realização do trabalho.

O segundo capítulo apresenta-nos o caso concreto da instituição onde o trabalho que serviu de base a esta tese está a ser desenvolvido e implementado, ilustrando a envolvimento física e funcional dos espaços e dos serviços envolvidos no processo.

O terceiro capítulo enquadra historicamente e de forma sucinta a temática da manutenção, incluindo também uma revisão bibliográfica de trabalhos na mesma área realizados em Portugal. Aborda a legislação, o conceito de comissionamento, as normas, a terminologia e os indicadores aplicáveis à manutenção, com enfoque para os sistemas de AVAC em edifícios.

O quarto capítulo descreve a metodologia seguida no estudo, preparação e inspeção aos sistemas AVAC e na posterior organização da informação compilada. Aborda a temática dos consumíveis necessários ter em reserva, o método preconizado para a sua gestão, bem como a documentação que esteve na base da definição das rotinas do PMP e dos formulários de registo de funcionamento dos equipamentos.

O quinto capítulo apresenta a estrutura e o funcionamento do SGMCE. Identifica os processos e a informação relacionados com a manutenção que revelaram a necessidade de serem geridos de forma mais sistemática, e a forma como se relacionam entre si. Apresenta

alguns exemplos do estágio de desenvolvimento e implementação do SGMCE à data deste documento.

No sexto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado e indicadas vias futuras para o seu desenvolvimento.

Capítulo 2

Contornos do caso prático

2.1 A Universidade, os STEC, os edifícios e os sistemas AVAC

2.1.1 A Universidade do Minho

Fundada em 1973, a UM iniciou a sua atividade letiva em 1975. Em 2013, a população da universidade ascendia a aproximadamente 22 000 pessoas, distribuídas por alunos, docentes e funcionários - Figura 2.1. A universidade tinha aproximadamente 19 000 alunos, distribuídos por licenciaturas, mestrados integrados, mestrados, especializações e doutoramentos ([Universidade do Minho, 2013](#)).

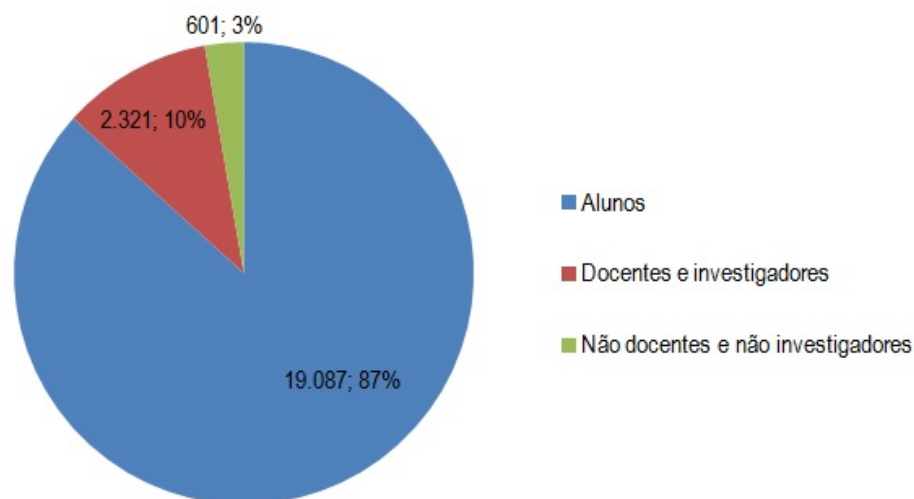


Figura 2.1: Número de alunos, de docentes e investigadores e de não docentes e não investigadores da UM em 2013 ([Universidade do Minho, 2013](#))

A UM é atualmente uma referência nacional e além-fronteiras em termos académicos e de investigação. Contribui por várias vias para o desenvolvimento cultural, social e económico do espaço geográfico onde se encontra. Estabelece parcerias com empresas da região, aplicando o conhecimento científico e tecnológico em processos inovadores, que possam marcar a diferença num mercado competitivo e global que caracteriza os dias atuais.

Em 2015, a UM foi considerada uma das melhores universidades do mundo com menos de 50 anos, ocupando a 64^a posição, a primeira entre as universidades portuguesas ([Times Higher Education, 2015](#)). *THE 100 Under 50* pretende destacar as instituições universitárias mais jovens pelo nível de excelência alcançado no ensino, investigação, inovação e internacionalização.

A universidade possui instalações nas cidades de Braga e Guimarães, das quais fazem parte dois *campi* universitários com uma área total aproximada de 74 000 m² ([Universidade do Minho, 2015](#)).

Nestes *campi* para além dos edifícios dedicados ao ensino, existem edifícios de investigação, edifícios administrativos, bibliotecas, cantinas, restaurantes, pavilhões desportivos e residências universitárias.

No entanto, nem todas estas infraestruturas estão sob a tutela dos STEC em termos de gestão de manutenção de infraestruturas. Os Serviços de Ação Social da Universidade do Minho, SASUM, são responsáveis pela gestão das suas instalações.

Os STEC gerem a manutenção de aproximadamente três dezenas e meia de edifícios, que totalizam uma área bruta total aproximada de 210 000 m². Estes números, fruto das obras atualmente em curso irão a breve trecho aumentar.

Em termos de potência térmica instalada para climatização, aqueles edifícios representam aproximadamente 13 MW de potência térmica de aquecimento e 8 MW de potência térmica de arrefecimento.

2.1.2 Os Serviços Técnicos da UM

A gestão das infraestruturas da UM esteve nos primeiros anos da sua existência, repartida por dois serviços: os STEC e o Gabinete das Instalações Definitivas. Os STEC foram criados com a finalidade de prestar os serviços necessários de conservação e manutenção do parque de edifícios e infraestruturas da instituição. O Gabinete das Instalações Definitivas foi uma estrutura criada numa fase inicial de grande expansão física da universidade, para efetuar a gestão dos projetos, dos processos de concurso e da própria construção dos edifícios.

A natural desaceleração da fase de construção à medida que plano de crescimento previsto foi sendo concretizado, e as crescentes preocupações com a conservação do largo património edificado, estiveram na origem da fusão das duas estruturas anteriormente referidas numa só entidade, os STEC da UM.

Atualmente, os STEC acumulam ambas as funções: os serviços de manutenção do património edificado e a gestão dos novos processos de obra da UM, instituição que mantém uma grande dinâmica de adaptação às necessidades da região, do país e na época de globalização em que vivemos, do mundo.

Fruto da união de competências e de décadas de experiência na construção e manutenção de edifícios de ensino e de investigação, existe todo um saber adquirido que pode e deve ser posto ao serviço da instituição. Este conhecimento não deve ser limitado apenas a tarefas correntes diárias de manutenção, mas deve também ser refletido nas especificações de novos edifícios a construir ou a remodelar.

É importante cruzar os resultados do enorme portfólio de soluções construtivas, dos desenhos e da integração dos diversos espaços de ensino, técnicos ou administrativos, com a utilização e gestão diária, a longo prazo dos mesmos. Apenas desta forma, adaptando constantemente os requisitos do dono de obra, e transmitido-os às equipas de conceção, é possível incorporar os melhores resultados em projetos futuros.

Os STEC funcionam assim como o auditor de comissionamento ao serviço da UM. Este conceito será detalhado mais adiante no ponto 3.2.3 desta tese.

Claro que existe sempre o fator experimental que resulta da integração de novas tecnologias, quer na construção dos edifícios em si, quer na própria resposta que o desenho dos edifícios deve dar aos novos equipamentos tecnológicos que vão incorporar. Outro fator experimental que importa não esquecer é a constante adaptação construtiva aos mais diversos requisitos construtivos legais que vão surgindo, essencialmente no domínio energético, ambiental e de segurança. É deste este processo cíclico que vive a busca pelo edifício ideal.

Fisicamente, os STEC da UM têm a sua sede num edifício próprio no *campus* de Gualtar, estando também presentes em permanência no *campus* de Azurém, mais concretamente no edifício de Engenharia.

2.1.3 Edifícios e sistemas AVAC

No *campus* universitário de Azurém (Figura 2.2), que serviu de base a este trabalho, os edifícios cuja manutenção é da responsabilidade dos STEC, são edifícios de serviços destinados ao ensino e à investigação.

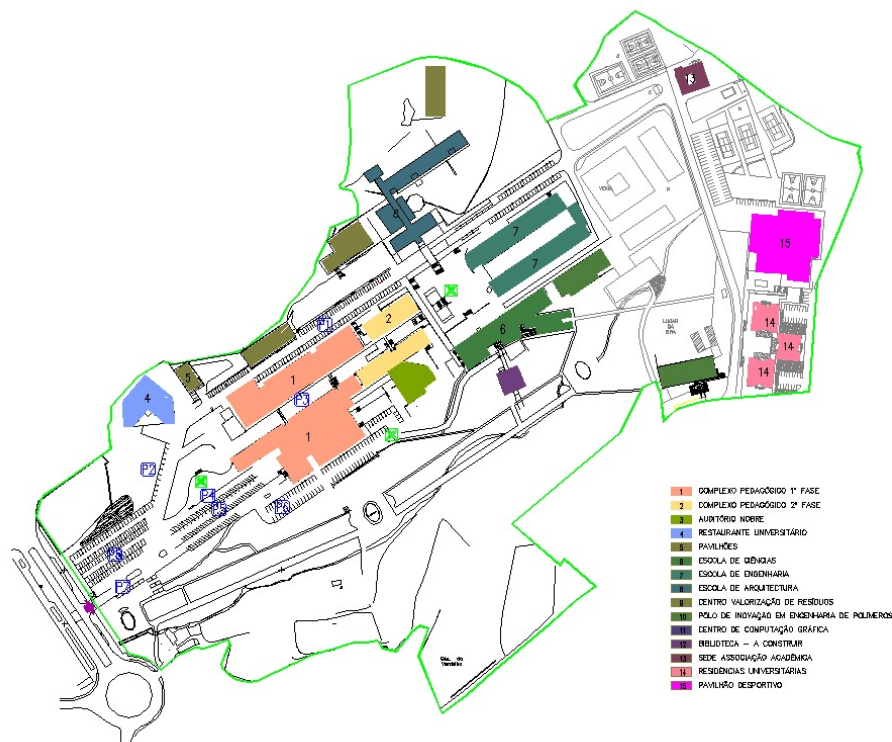


Figura 2.2: *Campus* universitário de Azurém

Na generalidade, os sistemas de climatização instalados de raiz nos diversos edifícios são sistemas com produção térmica centralizada de água quente e água arrefecida. A exceção são dois pavilhões pré-fabricados onde a climatização é assegurada por unidades compactas de expansão direta, com permuta de calor ar/ar, do tipo *Roof-Top*, versão bomba de calor.

Pontualmente, em alguns espaços mais antigos que sofreram intervenções de remodelação, existem também alguns equipamentos de climatização de expansão direta, com permuta de calor ar/ar. Estes equipamentos tanto são individualizados do tipo *split*, como centralizados do tipo Volume de Refrigerante Variável, VRV, ou mesmo compactos, do anteriormente referido tipo *Roof-Top*.

A água quente que serve a generalidade das instalações é produzida direta ou indiretamente com recurso a caldeiras que procedem à queima de gás natural. A produção indireta de água quente ocorre nos edifícios mais antigos, onde as caldeiras transferem o calor produzido na combustão do gás natural, a um termofluido. Este termofluido permuta em centrais ou subestações térmicas a energia que transporta, com a água dos circuitos fechados de aquecimento, através de permutadores de calor do tipo feixe tubular.

A água arrefecida destinada à climatização dos edifícios do *campus* é produzida em *Chillers*

do tipo ar/água.

Alguns edifícios, nomeadamente os mais antigos, partilham a produção de energia térmica para aquecimento ambiental. Em alguns destes edifícios, a produção de água fria é igualmente partilhada com um dos edifícios mais recentes.

A água quente e a água arrefecida produzidas são posteriormente distribuídas por intermédio de bombas circuladoras, que a impulsionam através de circuitos de água, até unidades de tratamento de ar e equipamentos terminais do tipo ventiloconectores ou radiadores. A climatização interior da maioria dos espaços é pois assegurada por estes três tipos de equipamentos.

Nos diversos edifícios, a renovação do ar é efetuada por unidades de tratamento de ar, que servem os distintos locais. Em alguns dos edifícios mais recentes, as unidades de tratamento de ar são dotadas de recuperadores energéticos do tipo placas.

Nos espaços com contaminantes específicos, como instalações sanitárias, laboratórios de investigação e de ensino que manipulam partículas ou substâncias químicas, reprografias ou salas de cópias, foram instalados ventiladores de extração adequados às necessidades específicas de cada um desses locais.

Em termos de mecanismos de gestão do funcionamento das instalações de AVAC, face às distintas e distanciadas idades de construção dos edifícios existentes, o *campus* não dispõe de um sistema centralizado de gestão técnica unificado.

Nos edifícios mais antigos, o comando das instalações é assegurado por programadores horários e controladores associados a sondas e conjuntos válvula/atuador. Os edifícios mais recentes dispõem de sistema de gestão técnica, maioritariamente de acesso por consola, localizada ou conectável nos respetivos quadros elétricos de AVAC. Apenas uma das escolas dispõe de um sistema de gestão técnica centralizado de acesso e parametrização por computador pessoal, também de acesso apenas viável a partir do próprio edifício.

2.2 Oportunidades, dificuldades e limitações

2.2.1 Oportunidades

A implementação de um sistema de gestão da manutenção e a própria execução das operações do âmbito da manutenção podem e devem retirar sinergias das potencialidades existentes numa instituição que incorpora o ensino e a investigação em ciências de engenharia.

Para além da estreita colaboração entre as engenharias mecânica e informática exemplifi-

cadras nesta tese, há outras diversas oportunidades a explorar.

As oficinas de mecânica dispõem de equipamentos mais pesados e por vezes úteis a determinadas operações, como por exemplo prensas hidráulicas para remover com precisão rolamentos demasiado presos a veios, minimizando os riscos de danos.

As oficinas de eletrónica industrial podem substituir determinados componentes de baixo custo que se encontram danificados em placas eletrónicas de valor significativo.

Os alunos de mestrado, nas suas teses, podem desenvolver ferramentas de análise e melhoria de desempenho de equipamentos específicos. Estes são apenas alguns dos vários exemplos que podem ser referidos.

Uma outra oportunidade que importa referir e que esteve presente desde o primeiro instante na conceção do sistema de gestão da manutenção, foi a cobertura integral dos *campi* universitários pela rede *Wi-Fi eduroam*.

Esta rede permitirá um fácil acesso de todos os dispositivos móveis ao sistema de gestão da manutenção que está a ser implementado.

2.2.2 Dificuldades

As dificuldades encontradas são transversais aos edifícios existentes onde as tarefas de manutenção preventiva não foram sistematizadas e implementadas.

Assim:

- A informação existente não seguia uma organização preestabelecida;
- As telas finais das instalações de AVAC não estavam atualizadas;
- As fichas técnicas para os diversos equipamentos não tinham sido criadas;
- Os manuais e catálogos técnicos dos equipamentos estavam incompletos, existindo apenas em suporte físico;
- Não existia informação cronológica e descritiva das intervenções de manutenção realizadas e dos respetivos resultados, organizada de forma facilmente pesquisável;
- Muitas das etiquetas de identificação dos equipamentos exteriores estavam degradadas e ilegíveis, devido à exposição aos agentes atmosféricos;
- A constante rotatividade dos responsáveis e técnicos de manutenção, associada à ausência de registos detalhados e normalizados das intervenções, criam hiatos na justificação técnica relativa a algumas situações encontradas.

2.2.3 Limitações

Implementar um sistema de gestão da manutenção que abrange múltiplas infraestruturas, de um parque de edifícios extenso, de dimensão muito significativa e disperso por vários locais, não é uma tarefa de curto prazo.

A necessidade de coordenação do trabalho entre os autores do código informático e o autor da tese teve também de vencer diferentes barreiras profissionais ou académicas, bem como a distância física entre os polos universitários de Azurém e Gualtar.

O desenvolvimento do Sistema de Gestão da Manutenção e dos Consumos Energéticos, SGMCE foi um processo desenvolvido por fases. É extenso relativamente ao conteúdo e número de edifícios abrangidos.

Esta tese desenvolve-se pois em torno do ponto de partida que a originou: a gestão dos processos de manutenção e em particular dos que estão relacionados com os sistemas de AVAC dos edifícios universitários do *campus* de Azurém, em Guimarães.

Capítulo 3

Manutenção e comissionamento

3.1 Enquadramento histórico e revisão bibliográfica

A manutenção industrial evoluiu nas últimas duas décadas de uma matéria praticamente sem assunto - uma parte inevitável da produção - para preocupação estratégica, fundamental para atingir os objetivos de negócio. Poucas outras matérias em termos de gestão sofreram tantas alterações durante o último meio século ([Pintelon and Parodi-Herz, 2008](#)).

De facto, o grau de dependência da humanidade de equipamentos mais complexos do ponto de vista funcional e tecnológico, tem aumentado nas últimas décadas. A evolução das tecnologias de informação, a robotização dos processos industriais, a evolução técnica dos equipamentos nas áreas da saúde, dos transportes, das comunicações ou do conforto térmico, transformaram os hábitos de vida da sociedade.

A exigência dos consumidores relativamente à qualidade dos produtos ou serviços que experimentam tem atualmente padrões elevados, fruto desses avanços técnicos e da implementação de sistemas de qualidade por parte das organizações. Atingir estes níveis de satisfação com a qualidade e a fiabilidade de produtos ou serviços, só é possível graças a uma manutenção eficaz e eficiente dos processos a eles subjacentes.

O dia em que estas linhas estavam a ser redigidas, coincidiu com uma tragédia aérea de uma aeronave da companhia germânica *Germanwings*. Foi notícia de abertura em todos os canais televisivos. Em todos os serviços noticiosos, foram referidas a idade do avião, as datas das últimas intervenções de manutenção (a de rotina na véspera, e uma mais profunda no verão de 2013) e a experiência de voo do piloto. A manutenção foi desde logo equacionada. A aviação é um dos sectores onde a manutenção é mais estudada, tem processos e técnicas mais desenvolvidos, pois uma falha pode ser fatal para muitas vidas.

Na perspectiva de [Moubray \(1997\)](#), a evolução da manutenção desde 1930 pode ser agrupada em três distintas gerações:

- **Primeira geração** - Esta geração, que cobre o período até à Segunda Grande Guerra Mundial, reflete tempos em que a prevenção da falha de equipamentos não era uma preocupação de elevada prioridade para a maioria dos gestores. Como a indústria não era muito mecanizada, a falha dos equipamentos não tinha grandes implicações. Paralelamente a maior parte da maquinaria era simples e sobre dimensionada, tornando-a fiável e simples de reparar. Não havia necessidade de uma manutenção preventiva para além das descomplicadas operações de limpeza ou lubrificação, que podiam ser executadas por técnicos sem grande especialização.
- **Segunda geração** - Esta fase surge com os constrangimentos provocados pela Segunda Grande Guerra Mundial. Na alturaurgia o fornecimento de bens das mais diversas espécies e a mão de obra era escassa, o que forçou o aumento da mecanização nos processos produtivos. Na década de 1950 a maquinaria era mais diversificada, numerosa e complexa, passando a ser um elemento fulcral do processo produtivo. À medida que esta dependência aumentava, as paragens por avaria começavam a ser cada vez mais alvo de atenção, no sentido de as prevenir. Nascia então o conceito de manutenção preventiva. Na década de 1960 este conceito traduzia-se por operações de revisão ou inspeção executadas em intervalos de tempo fixos. Como consequência do aumento dos custos de manutenção relativamente a outros custos operacionais, assistiu-se então ao crescimento dos sistemas de planeamento e controlo da manutenção.
- **Terceira geração** - A partir de meados dos anos 70, assistiu-se a processos de mudança na indústria ainda mais acentuados. Com a política atual de produção na hora, com quantidades reduzidas de *stocks* na cadeia de fornecedores, qualquer pequena falha nos equipamentos pode ter sérias implicações em todo o processo produtivo. A crescente automação dos processos tornou a manutenção ainda mais fulcral, pois as falhas passaram a ter repercussões ainda mais extensas na qualidade dos produtos ou serviços fornecidos, na segurança ou na responsabilidade ambiental, questões vitais para a sobrevivência das organizações.

As Figuras 3.1 e 3.2 pretendem ilustrar as crescentes expectativas da manutenção e as mudanças na técnica de manutenção nas referidas três gerações, respectivamente (Moubray, 1997).

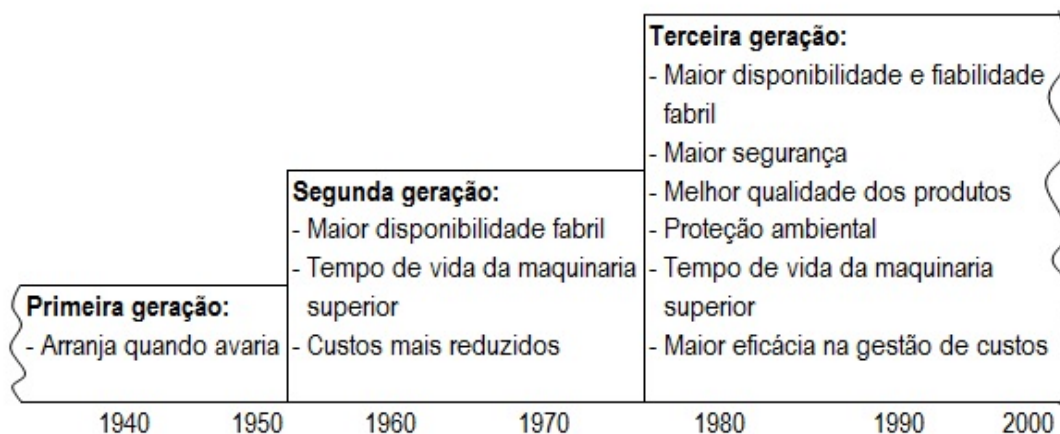


Figura 3.1: As crescentes expectativas da manutenção (Moubray, 1997).

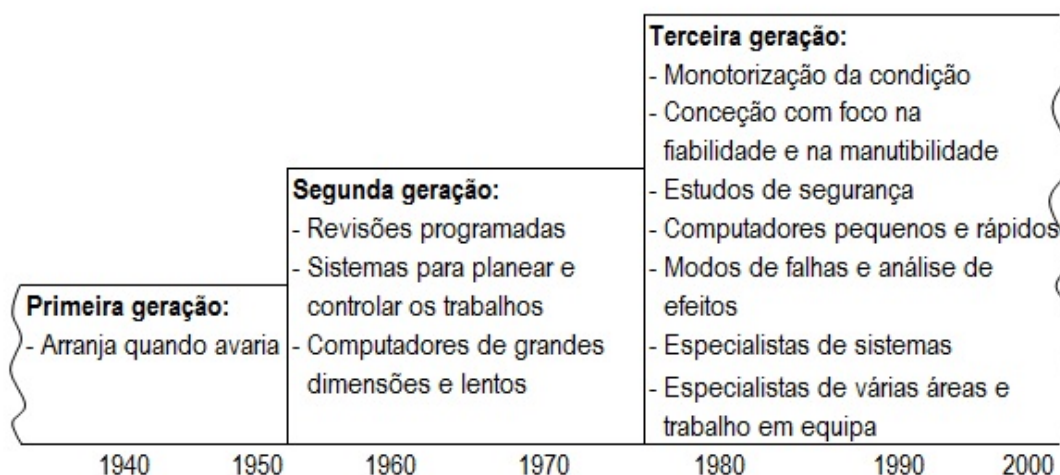


Figura 3.2: As mudanças nas técnicas de manutenção (Moubray, 1997).

Na investigação levada a cabo sobre o estado da arte foram encontradas algumas publicações relevantes que importa referir.

Cabral (2009) publicou um manual para organizar e implementar um sistema de gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios. Muitos dos exemplos utilizados na publicação são relativos a equipamentos tipicamente encontrados nas instalações de climatização. Este autor integra também a equipa de conceção da aplicação informática de gestão da manutenção ManWinWin.

Silva (2011), apresentou a conceção de um sistema de gestão da manutenção de equipamentos e infraestruturas aplicados aos Serviços Técnicos e de Manutenção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O autor deste trabalho após o estudo dos processos

e da metodologia de trabalho daqueles serviços, desenvolveu uma aplicação informática, de interface contida em ficheiros, aplicada à gestão da família de equipamentos ar comprimido existente naquela instituição de ensino.

Barreiros (2012), idealizou um sistema de apoio à gestão processual de ordens de trabalho de manutenção e da respetiva documentação associada, aplicado ao Serviço de Equipamentos e Electromedicina do Centro Hospitalar de Vila Nova de Gaia e Espinho. Trata-se de uma abordagem distinta, focalizada na gestão documental dos processos relacionados com a manutenção e não na gestão das tarefas específicas de manutenção propriamente ditas.

Por seu turno, Cardoso (2012), analisou e comparou uma série de programas informáticos de manutenção que se encontravam comercialmente disponíveis em Portugal. Elegeu o que no seu entender foi o mais adequado ao propósito do seu trabalho - a aplicação de uma ferramenta informática de gestão à manutenção de um edifício. Refira-se que dos sete programas de gestão da manutenção analisados, apenas três operavam em língua portuguesa.

3.2 Legislação nacional

3.2.1 Retrospectiva legislativa

Em Portugal, a primeira referência legislativa específica relativa à temática da manutenção dos sistemas energéticos de climatização em edifícios, data de 1992, mais concretamente no Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios.

Este regulamento, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 156/92, de 29 de julho, refere no seu artigo 12 – Manutenção das instalações:

1. As instalações que são objeto deste regulamento devem possuir planos e instruções de revisão técnica e de manutenção, de acordo com as instruções dos fabricantes e a regulamentação existente para cada tipo de equipamento constituinte da instalação.
2. Todas as alterações aos equipamentos existentes devem ser obrigatoriamente registadas na respetiva ficha técnica.
3. Todos os equipamentos constituintes das instalações de climatização têm de estar acessíveis, para efeitos de manutenção.
4. Na sala das máquinas deve ser instalado um diagrama facilmente visível, no qual se representa esquematicamente a instalação.

O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei 118/98 de 7 de maio, não introduziu alterações significativas na temática da manutenção.

Em 2006, e na sequência da transcrição parcial para a ordem jurídica nacional da Diretiva Europeia EPDB 2002/91/CE de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, foram introduzidos complementarmente à manutenção novas obrigações. Assim, passou a ser obrigatória a monitorização do funcionamento dos sistemas de climatização, a inspeção periódica de caldeiras e equipamentos de ar condicionado e a responsabilidade pela condução dos sistemas de climatização.

Esta transposição ocorreu através da publicação de um pacote legislativo, constituído por três diplomas:

- Decreto-Lei n. 78/2006 - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;
- Decreto-Lei n. 79/2006 – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios, RSECE;
- Decreto-Lei n. 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE.

Passou então a ser obrigatório para os edifícios de serviços, certificar o seu desempenho energético e a qualidade do seu ar interior, QAI. Através de auditorias energéticas e à QAI, com periodicidade obrigatória no caso dos grandes edifícios de serviços, tornou-se possível identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos seus sistemas energéticos e equipamentos.

Passou a ser igualmente obrigatório para os sistemas de climatização de um edifício, a criação de um plano de manutenção preventiva, PMP e de um livro de ocorrências, onde todos os acontecimentos relacionados com a manutenção, incluindo alterações aos sistemas, são registados.

Para a implementação destes procedimentos foram criadas novas categorias profissionais, com as seguintes responsabilidades em termos de manutenção ([Decreto-Lei n.º 79/2006, 2006](#)):

- Perito Qualificado, PQ – Técnico com competências para: avaliar o desempenho energético e da qualidade do ar nas auditorias periódicas previstas no RSECE e emitir o respetivo certificado; realizar as inspeções periódicas a caldeiras e a sistemas e equipamentos de ar condicionado, nos termos do RSECE, e emitir o respetivo certificado.
- Técnico Responsável pelo Funcionamento, TRF – Técnico responsável pelo bom funcionamento dos sistemas energéticos de climatização, incluindo a sua manutenção, e pela qualidade do seu ar interior, bem como pela gestão da respetiva informação técnica.

- Técnico de Instalação e Manutenção Nível II – Técnico responsável pela vertente energética na montagem e manutenção dos sistemas de climatização até uma potência nominal limite de 100 kW.
- Técnico de QAI – Técnico responsável pela vertente de qualidade do ar interior na montagem e manutenção dos sistemas de climatização até uma potência nominal limite de 100 kW.
- Técnico de Instalação e Manutenção Nível III – Técnico responsável pela de montagem e manutenção dos sistemas de climatização com potência nominal superior a 100 kW, nas vertentes energéticas e de QAI.

O ponto seguinte remete para a realidade legislativa aplicável à temática da manutenção dos sistemas energéticos de climatização nos edifícios.

3.2.2 Atualidade legislativa

O percurso legislativo relatado no ponto anterior é atualizado aos dias de hoje através do Decreto-Lei 118/2013 de 20 de agosto.

Este diploma resulta da transposição para o direito nacional da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, a prevista evolução da Diretiva n.º 2002/91/CE. Foram clarificados alguns aspetos do diploma anterior e introduzidas novas exigências com vista à progressão da eficiência energética nos edifícios.

O Decreto-Lei 118/2013 passa incluir, num único diploma, o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, SCE, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação, REH e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, RECS.

Este documento dita a eliminação das auditorias de qualidade do ar interior. Mantém-se no entanto a necessidade de se proceder ao controlo das fontes de poluição e à adoção de medidas preventivas, tanto ao nível da conceção dos edifícios, como do seu funcionamento, de forma a cumprir os requisitos legais para a redução de possíveis riscos para a saúde pública. Elimina igualmente as figuras de Técnico Responsável pelo Funcionamento e de Técnico de QAI.

Passa a competir ao TIM "...coordenar ou executar as atividades de planeamento, verificação, gestão da utilização de energia, instalação e manutenção, relativo a edifícios e sistemas técnicos. Será igualmente da responsabilidade do TIM assegurar a gestão e atualização de toda a informação técnica relevante."

As categorias de TIM estabelecidas no Decreto-Lei 79/2006, mantém-se. Assim, o TIM II está habilitado a atuar em edifícios com sistemas técnicos instalados ou a instalar limitados

a 100 kW de potência térmica nominal. Para potências nominais superiores a 100 kW será necessária a habilitação profissional de TIM III.

Nas próximas páginas apresentam-se os extratos do pacote legislativo relacionado com o Decreto-Lei 118/2013 e que dizem respeito à manutenção dos sistemas AVAC.

- **Lei n.º 118/2013**. D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20
Entre outras matérias,

"...visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS)...transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios."

Capítulo IV

Secção II - Princípios Gerais

Artigo 37.º

Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos

1 - Os sistemas técnicos dos edifícios abrangidos pelo presente capítulo devem ser instalados, conduzidos e mantidos de modo a garantir o seu funcionamento em condições otimizadas de eficiência energética e de promoção da qualidade do ar interior.

2 - Na instalação, condução e manutenção dos equipamentos e sistemas técnicos referidos no número anterior devem ser tidos em particular atenção por parte do TIM:

- a) Os requisitos de instalação;
- b) A qualidade, organização e gestão da manutenção, incluindo o respetivo planeamento, os registos de ocorrências, os detalhes das tarefas e das operações e outras ações e documentação necessárias para esse efeito;
- c) A operacionalidade das instalações através de uma condução otimizada que garanta o seu funcionamento em regimes de elevada eficiência energética.

Capítulo IV

Secção III

Subsecção I- Edifícios novos

Artigo 41.º

Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos

1 - Os sistemas técnicos dos edifícios devem ser projetados, instalados e mantidos de forma a serem facilmente acessíveis para manutenção.

2 - Os fabricantes ou instaladores dos sistemas técnicos para edifícios novos de comércio e serviços devem:

- a) Fornecer ao proprietário toda a documentação técnica, em língua portuguesa, incluindo a marca, o modelo e as características de todos os principais constituintes dos sistemas técnicos instalados no edifício;
- b) Assegurar, quando for o caso, que os equipamentos instalados ostentem, em local bem visível, após instalação, a respetiva chapa de identificação e de características técnicas.

3 - A instalação de sistemas de climatização em edifícios novos de comércio e serviços deve ser feita por equipa que integre um TIM com contrato de trabalho ou de prestação de serviços com empresa habilitada para o efeito pelo Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P., sendo essa intervenção objeto de registo.

4 - No caso de edifícios novos com potência térmica nominal de climatização instalada ou prevista superior a 25 kW, os respetivos sistemas técnicos devem ser objeto de receção das instalações, nos termos do procedimento a aprovar pela DGEG.

5 - Os sistemas técnicos dos edifícios novos de comércio e serviços são objeto de um plano de manutenção elaborado tendo em conta o seguinte faseamento:

- a) Na fase de projeto dos sistemas técnicos, devem ser estabelecidas as premissas a que o plano deve obedecer em função das características dos equipamentos e dos sistemas técnicos preconizados em projeto, as boas práticas do setor e o definido pela DGEG;
- b) Após a conclusão da instalação dos sistemas técnicos do edifício e antes da sua entrada em funcionamento, deve ser elaborado por TIM o plano de manutenção, devidamente adaptado às características dos sistemas técnicos efetivamente instalados e respeitando as boas práticas na manutenção, as instruções dos fabricantes e a regulamentação em vigor para cada tipo de equipamento.

6 - Após a instalação dos sistemas técnicos, os edifícios novos devem ser acompanhados, durante o seu funcionamento, por:

- a) Um TIM que garanta a correta manutenção do edifício e dos seus sistemas técnicos, supervise as atividades realizadas nesse âmbito e assegure a gestão e atualização de toda a informação técnica relevante;
- b) Outros técnicos habilitados, desde que a sua participação seja exigida pela legislação em vigor, caso em que a sua atuação e responsabilidade prevalecem em relação ao previsto na alínea anterior.

7 - O acompanhamento do TIM previsto na alínea a) do número anterior deve constar de documento escrito que comprove a existência do vínculo.

8 - As alterações introduzidas nos sistemas técnicos dos edifícios de comércio e serviços devem:

- a) Cumprir os requisitos definidos no n.º 1 do artigo 37.º;

- b) Ser incluídas no livro de registo de ocorrências ou na documentação técnica do edifício, garantindo a atualização desta;
- c) Ser realizadas com o acompanhamento do TIM do edifício, o qual deve efetuar as devidas atualizações no plano de manutenção.

9 - Estão dispensados da verificação dos requisitos previstos nos n.ºs 5 a 8 os edifícios novos que:

- a) À data da emissão da respetiva licença de utilização, tenham uma potência térmica nominal para climatização inferior a 250 kW, com exceção do disposto na alínea a) do n.º 6, no caso de instalações com mais de 25 kW de potência nominal de climatização instalada ou prevista instalar;
- b) À data da avaliação a realizar para efeitos de emissão do respetivo certificado SCE, não se encontrem em funcionamento e os seus sistemas técnicos estejam desativados.

10 - Os valores de potência nominal de climatização instalada ou prevista instalar referidos nos n.ºs 4 e 9, podem ser atualizados por portaria a aprovar por membro do Governo responsável pela área da energia.

Capítulo IV

Secção III

Subsecção II- Edifícios sujeitos a grande intervenção

Artigo 45.º

Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos

1 - Os sistemas técnicos em edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande intervenção devem ser instalados, conduzidos e mantidos de acordo com o previsto no artigo 41.º para edifícios novos.

2 - O TIM do edifício, quando for o caso, deve acompanhar e supervisionar os trabalhos e assegurar que o plano de manutenção do edifício é atualizado com toda a informação relativa à intervenção realizada e às características dos sistemas técnicos do edifício após intervenção.

3 - O cumprimento do disposto nos números anteriores deve ser demonstrado explicitamente nas peças escritas e desenhadas atualizadas do edifício e das instalações técnicas.

4 - Os sistemas técnicos a instalar em edifícios de comércio e serviços sujeitos a ampliação devem cumprir com o disposto no presente artigo.

Capítulo IV

Secção III

Subsecção III- Edifícios existentes

Artigo 49.º

Instalação, condução e manutenção de sistemas técnicos

1 - Os sistemas técnicos dos edifícios de comércio e serviços existentes devem possuir um plano de manutenção atualizado que inclua as tarefas de manutenção a realizar, tendo em consideração as disposições a definir para o efeito pela DGEG, bem como a boa prática da atividade de manutenção, as instruções dos fabricantes e a regulamentação aplicável para cada tipo de equipamento constituinte da instalação.

2 - Os edifícios de comércio e serviços existentes devem ser acompanhados, durante o seu funcionamento, por:

- a) Um TIM que garanta a correta manutenção do edifício e dos seus sistemas técnicos, supervise as atividades realizadas nesse âmbito e assegure a gestão e atualização de toda a informação técnica relevante;
- b) Outros técnicos habilitados, desde que a sua participação seja exigida pela legislação em vigor, caso em que a sua atuação e responsabilidade prevalecem em relação ao previsto na alínea anterior.

3 - O acompanhamento pelo TIM assenta em contrato escrito que concretize a atuação devida durante o funcionamento do edifício.

4 - Todas as alterações introduzidas nos sistemas técnicos dos edifícios de comércio e serviços existentes devem:

- a) Cumprir os requisitos definidos no n.º 1 do artigo 37.º e nos n.os 1 a 3 do artigo 41.º;
- b) Ser incluídas no livro de registo de ocorrências ou na documentação técnica do edifício, garantindo a atualização desta;
- c) Ser realizadas com o acompanhamento do TIM do edifício, o qual deve efetuar as devidas atualizações no plano de manutenção.

5 - Estão dispensados da verificação dos requisitos previstos nos n.os 2 a 4 os seguintes edifícios:

- a) Os edifícios existentes com uma potência térmica nominal para climatização inferior a 250 kW, com exceção do disposto na alínea a) do n.º 2, no caso de instalações com mais de 25 kW de potência nominal de climatização instalada ou prevista instalar;
- b) Edifícios que, à data da avaliação a realizar para efeitos de emissão do respetivo certificado SCE, não se encontrem em funcionamento e os seus sistemas técnicos estejam desativados.

6 - Os valores de potência nominal de climatização instalada ou prevista instalar referidos na alínea a) do número anterior, podem ser atualizados por portaria a aprovar por membro do Governo responsável pela área da energia.

- **Lei n.º 58/2013.** D.R. n.º 159, Série I de 2013-08-20

Entre outras matérias, "...aprova os requisitos de acesso e de exercício da atividade de técnico de instalação e manutenção de edifícios e sistemas."

Artigo 3.º

Qualificações profissionais dos técnicos de instalação e manutenção de edifícios e sistemas

1 — Sem prejuízo do disposto nos n.os 6 e 7 do artigo seguinte, o TIM deve possuir as seguintes qualificações, de acordo com o âmbito de atuação:

- a) O TIM qualificado para atuar em edifícios com sistemas técnicos instalados ou a instalar limitados a 100 kW de potência térmica nominal, enquanto profissional de categoria TIM -II, deve possuir qualificação de nível 2 do Quadro Nacional de Qualificações em eletromecânico de refrigeração e climatização do Catálogo Nacional de Qualificações (CNQ) ministrada por entidade formadora certificada nos termos do n.º 3;
- b) O TIM qualificado para atuar em edifícios com sistemas técnicos instalados ou a instalar com mais de 100 kW de potência térmica nominal, enquanto profissional de categoria TIM -III, deve possuir qualificação de nível 4 do Quadro Nacional de Qualificações, em técnico de refrigeração e climatização do CNQ ministrada por entidade formadora certificada nos termos do n.º 3.

2 — Para efeitos de verificação do disposto no número anterior, é relevante a potência térmica do equipamento, no caso de sistemas de climatização não centralizados, e a potência térmica do sistema, no caso de sistemas de climatização centralizados.

3 — A certificação de entidades formadoras referidas nas alíneas a) e b) do n.º 1 é da competência da entidade fiscalizadora do SCE e segue os trâmites da Portaria n.º 851/2010, de 6 de setembro, que regula o sistema de certificação de entidades formadoras, com as adaptações constantes de portaria a aprovar pelo membro do Governo responsável pela área da energia.

4 — A certificação de entidades formadoras pela entidade fiscalizadora do SCE, expressa ou tácita, é comunicada aos serviços centrais competentes do ministério responsável pela área da formação profissional, no prazo máximo de 10 dias.

5 — As entidades formadoras remetem à entidade gestora do SCE, através do balcão único eletrónico dos serviços, os certificados de qualificações que emitam relativamente aos seus formandos TIM, no prazo máximo de 10 dias após a respetiva emissão.

6 — A entidade gestora do SCE divulga a lista das entidades formadoras certificadas no seu sítio na Internet.

- **Portaria n.º 349-A/2013**. D.R. n.º 232, Suplemento, Série I de 2013-11-29
Entre outras matérias, regulamenta as atividades dos técnicos do SCE.

ANEXO II

2 - Competências do Técnico de Instalação e de Manutenção

2.1 - Para efeitos do disposto do n.º 4 do artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto e sem prejuízo do previsto especificamente no Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), compete ao Técnico de Instalação e Manutenção (TIM) do edifício:

- a) Assegurar uma gestão pró-ativa e fundamentada de energia do edifício devendo, para esse efeito:
 - i. Promover a instalação de sistemas de contagem de energia, que permitam uma avaliação mais detalhada dos consumos, sempre que possível;
 - ii. Efetuar o registo anual de desempenho energético, tendo por base a melhor informação disponível e de acordo com um modelo proposto pela entidade gestora do SCE para esse efeito, nos edifícios com uma potência térmica nominal para climatização superior a 250 kW;
 - iii. Utilizar a plataforma informática disponibilizada pela entidade gestora, procedendo ao preenchimento da informação necessária, bem como a submissão do relatório mencionado na sublinha anterior.
- b) Elaborar e/ou manter atualizado o Plano de Manutenção (PM) do edifício e seus sistemas técnicos;
- c) Assegurar o cumprimento do PM verificando a sua boa execução;
- d) Informar o proprietário da necessidade de realizar a certificação energética do edifício;
- e) Manter atualizado o projeto e demais documentação técnica sobre o edifício e seus sistemas técnicos, e aconselhar o proprietário na seleção de novos sistemas técnicos, exclusivamente no que respeita ao cumprimento do SCE, REH e RECS e demais legislação aplicável;
- f) Manter atualizado o livro de registo de ocorrências;
- g) No que se relaciona com a instalação de novos sistemas técnicos no âmbito das suas competências:
 - i. Integrar a equipa de instalação dos sistemas, participando direta e ativamente nas tarefas;
 - ii. Acompanhar os ensaios de receção das instalações.
- h) No que se respeita à manutenção de sistemas técnicos no âmbito da sua competência:
 - i. Integrar a equipa de manutenção dos sistemas, participando direta e ativamente nas tarefas;
 - ii. Garantir a execução das ações previstas no PM, de acordo com os procedimentos aí descritos;
 - iii. Evidenciar a execução das tarefas de manutenção.
- i) As atividades de instalação e manutenção dos sistemas técnicos do edifício deverão ser desempenhadas tendo em consideração a demais legislação existente, nomeadamente no que se refere aos requisitos específicos de reconhecimento técnico e de formação.

- **Portaria n.º 349-D/2013.** D.R. n.º 233, 2.º Suplemento, Série I de 2013-12-02 - Entre outras matérias, "...estabelece os requisitos de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes."

- **Portaria n.º 353-A/2013.** D.R. n.º 235, Suplemento, Série I de 2013-12-04

"Estabelece os valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação."

- **Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013.** D.R. n.º 234, 3.º Suplemento, Série II de 2013-12-03 - Entre outras matérias, "...publica quais os elementos mínimos a incluir no plano de manutenção (PM) e respetiva terminologia." Sobre o Plano de Manutenção refere que:

1. O PM deve incidir sobre os sistemas técnicos do edifício, com vista a manter os mesmos em condições adequadas de operação e de funcionamento otimizado que permitam alcançar os objetivos pretendidos de conforto térmico e de eficiência energética.
2. No PM deve constar, pelo menos, os seguintes elementos de informação, devidamente atualizados:
 - a) Identificação completa do edifício e sua localização;
 - b) Identificação e contactos do proprietário e, se aplicável, do arrendatário, locatário ou utilizador;
 - c) Identificação e contactos do Técnico de Instalação e Manutenção do edifício, se aplicável;
 - d) Descrição e caracterização sumária do edifício e dos respetivos compartimentos ou zonas diferenciadas, incluindo:
 - i. Área(s) e tipo de atividade(s) nele habitualmente desenvolvida(s);
 - ii. Número médio de utilizadores, distinguindo, se possível, os permanentes dos ocasionais;
 - iii. Horário(s) habitual(is) de utilização das zonas com utilizadores permanentes.
 - e) Identificação, localização e caracterização sumária dos sistemas técnicos do edifício, designadamente sistemas de climatização, iluminação, preparação de água quente, energias renováveis, gestão técnica e elevadores e escadas rolantes;
 - f) Descrição detalhada dos procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas técnicos, em função dos vários tipos de equipamentos e das características específicas dos seus componentes e das potenciais fontes poluentes do ar interior;
 - g) Periodicidade das operações de manutenção preventiva e de limpeza e o nível de qualificação profissional dos técnicos que as devem executar;
 - h) Registo das operações de manutenção preventiva e corretiva realizadas, com a indicação do técnico ou técnicos que as realizaram, dos resultados das mesmas e outros eventuais comentários pertinentes;

- i) Definição das grandezas a medir para posterior constituição de um histórico do funcionamento da instalação.
3. Do PM deve igualmente constar um ou mais diagramas para a representação esquemática dos sistemas de climatização e demais sistemas técnicos instalados, bem como uma cópia do projeto devidamente atualizado e instruções de operação e atuação em caso de emergência.
4. A terminologia utilizada na documentação e informação que constitui o PM deve estar em conformidade com o disposto na Norma Portuguesa NP EN 13306, na medida do aplicável a edifícios.

Outra legislação que se encontra igualmente em vigor, relacionada com o tema desta tese:

- **Decreto -Lei n.º 152/2005.** D.R. n.º 167, Série I-A de 2005-08-31

Regulamenta "...as operações de recuperação para reciclagem, valorização e destruição de substâncias que empobrecem a camada de ozono contidas em equipamentos de refrigeração e de ar condicionado, bombas de calor, sistemas de proteção contra incêndios e extintores e equipamentos que contenham solventes, bem como as operações de manutenção e de assistência desses mesmos equipamentos, incluindo a deteção de eventuais fugas das referidas substâncias..."

"...define igualmente os requisitos de qualificações mínimas do pessoal envolvido nas operações referidas no parágrafo anterior, bem como nas operações de reciclagem, valorização e destruição das substâncias regulamentadas... discrimina ainda as obrigações dos proprietários e ou detentores, dos técnicos qualificados e dos operadores de gestão de resíduos intervenientes no ciclo de vida dos equipamentos que contêm as substâncias regulamentadas..." no diploma.

- **Decreto-Lei n.º 35/2008.** D.R. n.º 41, Série I de 2008-02-27
Procede a alterações ao Decreto -Lei n.º 152/2005, de 31 de Agosto.
- **Decreto-Lei n.º 56/2011.** D.R. n.º 79, Série I de 2011-04-21
"...assegura a execução, na ordem jurídica nacional, do Regulamento (CE) n.º 842/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de Maio, relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa...bem como dos seguintes regulamentos de desenvolvimento:
 - d) Regulamento (CE) n.º 1516/2007, da Comissão, de 19 de Dezembro, que estabelece as disposições normalizadas para a deteção de fugas em equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor que contenham determinados gases fluorados com efeito de estufa;

- e) Regulamento (CE) n.º 303/2008, da Comissão, de 2 de Abril, que estabelece os requisitos mínimos e as condições para o reconhecimento mútuo da certificação de empresas e pessoal no que respeita aos equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor que contenham determinados gases fluorados com efeito de estufa;
- h) Regulamento (CE) n.º 306/2008, da Comissão, de 2 de Abril, que estabelece os requisitos mínimos e as condições para o reconhecimento mútuo da certificação do pessoal que procede à recuperação de determinados solventes à base de gases fluorados com efeito de estufa dos equipamentos que os contêm."

3.2.3 Comissionamento

Esta prática, bastante difundida e estudada nos Estados Unidos da América, não teve ainda em Portugal a devida atenção, encontrando-se fragmentada por distintos profissionais, em distintas fases dos processos, muitas das vezes sem qualquer ligação e integração entre essas etapas.

O comissionamento é um processo com foco na qualidade para melhorar a entrega de um projeto; centra-se na verificação e na documentação, assegurando que todos os sistemas comissionados e construções são planeados, projetados, instalados, testados, operados e mantidos para atingir os requisitos do dono do projeto ([BSR/ASHRAE/IES, 2012](#)). É pois um método de trabalho que deve iniciar em simultâneo com o surgimento da ideia da construção do edifício.

Acompanha o desenvolvimento do projeto, verifica a coordenação entre as diversas especialidades, fiscaliza a qualidade e o rigor da instalação, acompanha os ensaios, a regulação e a entrega dos sistemas, a qualidade e o cumprimento dos planos de manutenção, avaliando periodicamente o desempenho dos sistemas. Acompanha o edifício desde o momento da sua conceção até à sua operação contínua no dia a dia.

O comissionamento deve ser realizado sob a supervisão de um auditor qualificado, que garanta que os pontos de vista do dono do projeto, na perspetiva ambiental, energética e de utilização do edifício sejam cumpridos, conseguindo-se assim um ambiente interior saudável, confortável, com o mínimo de energia consumida, mantendo adequadamente os sistemas instalados, assegurando-lhes longevidade e contribuindo desta forma para a sustentabilidade ambiental ([International Energy Agency , IEA, 2004](#)).

Um dos entraves iniciais à manutenção surge logo na fase de conceção do edifício, nomeadamente na atribuição dos espaços destinados à instalação dos equipamentos. Este problema surge por motivações distintas que vão um desde uma conceção deficitária até à procura da maximização dos espaços vulgarmente designados como úteis.

As soluções frequentemente encontradas acabam por ditar a instalação dos equipamentos ou sistemas em locais exíguos, de acesso condicionado, que não permitem a acessibilidade mais adequada aos seus componentes que necessitam de manutenção. Por vezes e em casos de necessidades de substituição de componentes de maior dimensão ou em última instância dos próprios equipamentos, é mesmo necessário proceder à execução de aberturas nos elementos da envolvente do espaço onde se encontram instalados.

A definição dos espaços destinados à instalação dos sistemas tem também implicação direta na sua longevidade. Prova desta constatação são as centrais térmicas dos diferentes edifícios da UM. Os equipamentos e componentes das centrais térmicas instaladas no exterior têm uma degradação muito superior quando comparadas com as suas congêneres instaladas em espaços técnicos interiores, implicando custos de manutenção substancialmente superiores. A exposição direta ao ambiente, onde a incidência solar direta, a chuva, a neve e as variações mais acentuadas de temperatura ocorrem, deixam as suas marcas no estado de conservação dos materiais.

Um projeto bem comissionado na fase de desenvolvimento minimiza riscos, pedidos de esclarecimentos por parte do construtor, esclarecimentos adicionais por parte da arquitetura, alterações, e problemas de manutenção e desempenho (Enck, 2010).

A Figura 3.3 pretende ilustrar as evoluções do custo de retificação e do potencial de poupança originados por um problema, face à altura em que o mesmo é detetado (Doty, 2007).

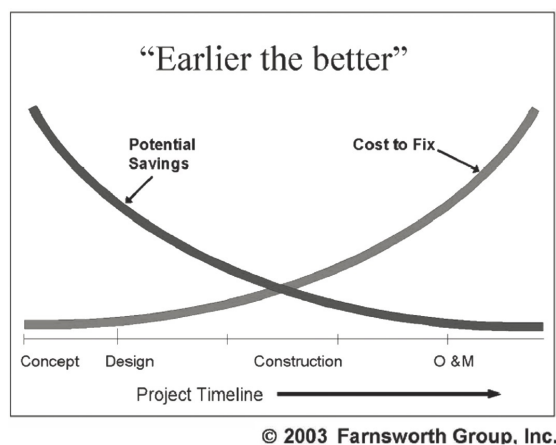


Figura 3.3: Altura em que o problema é detetado *versus* custo de reparação (Doty, 2007)

Num artigo sobre este tema Xiao and Wang (2009) referem quatro tipos possíveis de comissionamento:

- **Comissionamento inicial** - é um tipo de comissionamento aplicado à construção de um novo edifício e / ou à instalação de novos sistemas.

- **Retro-comissionamento** - é a primeira vez em que comissionamento é implementado num edifício existente e no qual um comissionamento documentado não tinha sido implementado anteriormente.
- **Re-comissionamento** - é um comissionamento implementado após o comissionamento inicial ou o retro comissionamento quando o proprietário pretende verificar, melhorar e documentar o desempenho dos sistemas do edifício.
- **Comissionamento em curso ou contínuo** - é um comissionamento efetuado continuamente para fins de manutenção, melhoria e otimização do desempenho dos sistemas do edifício, após o comissionamento inicial ou o retro-comissionamento.

No artigo em causa, os autores referem algo bem presente nos profissionais da manutenção dos sistemas AVAC: o comissionamento manual de um edifício implica a documentação, o teste, a calibração a reparação ou a substituição de centenas de componentes como sensores, atuadores, válvulas, registos, ou mesmo de equipamentos, tornando-o inviável. Apesar de referirem alguns guias ou procedimentos que pretendem ajudar os técnicos de comissionamento nesta tarefa que implica um consumo intensivo de mão-de-obra e de tempo, defendem que o caminho a seguir é o do comissionamento automático. Argumentam que este tipo de comissionamento permitirá poupanças significativas, e será conseguido graças à rápida evolução tecnológica dos sistemas de gestão técnica centralizada de edifícios, em três vertentes fundamentais: gestão automática da informação, testes funcionais automáticos e monitorização automática do desempenho e diagnóstico de avarias.

De facto, cumprir com as inspeções e análises de rendimento a equipamentos previstas em diversas normas, procedimentos ou legislações, é uma tarefa muitas vezes impraticável sem o auxílio da eletrónica e da informática, ferramentas incansáveis na recolha, processamento e tratamento de dados.

A quantidade de pessoas e de equipamentos envolvidos naquelas tarefas, se executadas de forma manual, teria um custo elevado para os donos de edifícios ou conjuntos de edifícios de dimensão significativa.

Os fabricantes dos sistemas de gestão técnica de edifícios deveriam para além de evoluir neste sentido, desenvolver também ferramentas que permitissem uma rápida aferição da calibração dos diversos equipamentos de campo instalados. Entre estes equipamentos, encontram-se sondas de temperatura, de humidade, de entalpia, de qualidade do ar, de dióxido de carbono, sensores de velocidade do ar, pressostatos, interruptores diferenciais de pressão, entre outros. Sem garantias de calibração destes elementos, as leituras dos sistemas de gestão não podem garantir fiabilidade ao longo dos anos. Esta falta de fiabilidade poderá ter efeitos em três vertentes: conforto térmico, qualidade do ar interior e consumos energéticos.

A análise dos registos de contagem energética, efetuados a cada quinze minutos por muitos contadores gerais de edifícios, permite que o trabalho de comissionamento mais detalhado possa ser melhor focalizado e mais eficaz, sem a demora e custos de um serviço de comissionamento integral e em conformidade com o princípio de Pareto (Price and Hart, 2002).

Os autores citados defendem que com este método de comissionamento (*bull's-eye comissioning*), evita-se a espera pela próxima fatura energética para aferir a economia resultante de determinadas ações, uma vez que os dados dos contadores energéticos estão constantemente disponíveis.

Para o comissionamento de edifícios existentes é fundamental a prática de *benchmarking*, procurando os melhores procedimentos num determinado contexto, que possam ser replicados ou adaptados a um caso concreto, de forma a melhorar o seu desempenho.

Como exemplo, refira-se a comparação do consumo energético de um determinado edifício, com outros edifícios da mesma tipologia, utilizando soluções de climatização semelhantes - ou distintas - e localizados na mesma área geográfica. Procura-se desta forma eger edifícios com indicadores energéticos exemplares, sujeitos a perfis de utilização e condições climáticas semelhantes, que possam servir como caso de estudo e inspirar um elenco de medidas de melhoria a adotar no edifício em análise, transformando-o também em referencial energético.

A este propósito referem-se algumas agências energéticas localizadas nos Estados Unidos da América, onde estes dados podem ser consultados:

1. *Lawrence Berkeley National Laboratory with funding from PIER and the California Environmental Protection Agency – Action-Oriented Energy Benchmarking (EnergyIQ - Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015)* - Figura 3.4.

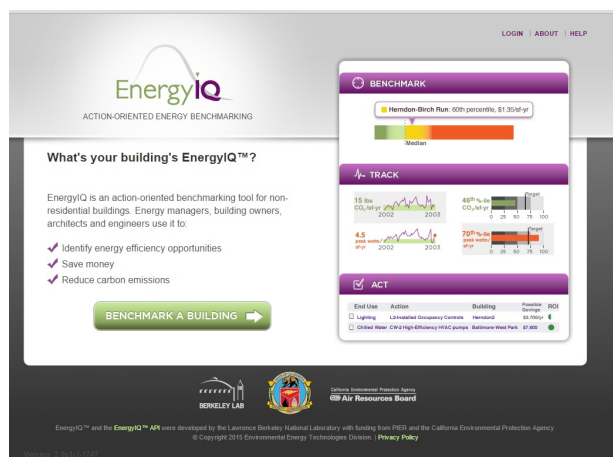


Figura 3.4: Página de internet - Lawrence Berkeley National Laboratory - EnergyIQ

2. Energy Star - U.S. Environmental Protection Agency (Energy Star, 2015) - Figuras 3.5 e 3.6.

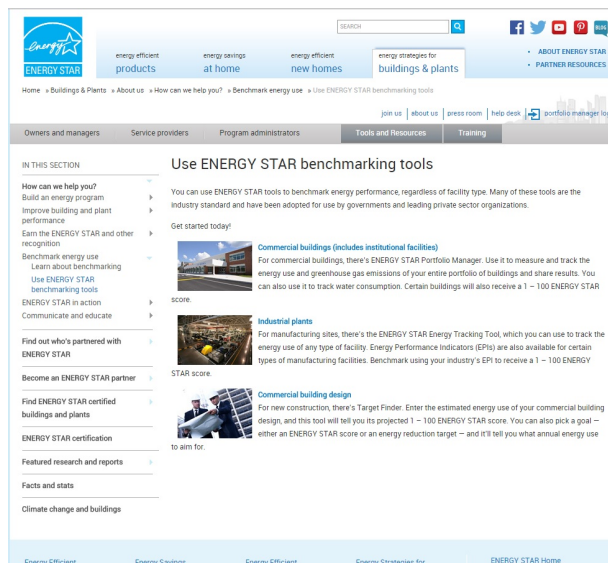


Figura 3.5: Página de internet - Energy Star - U.S. Environmental Protection Agency

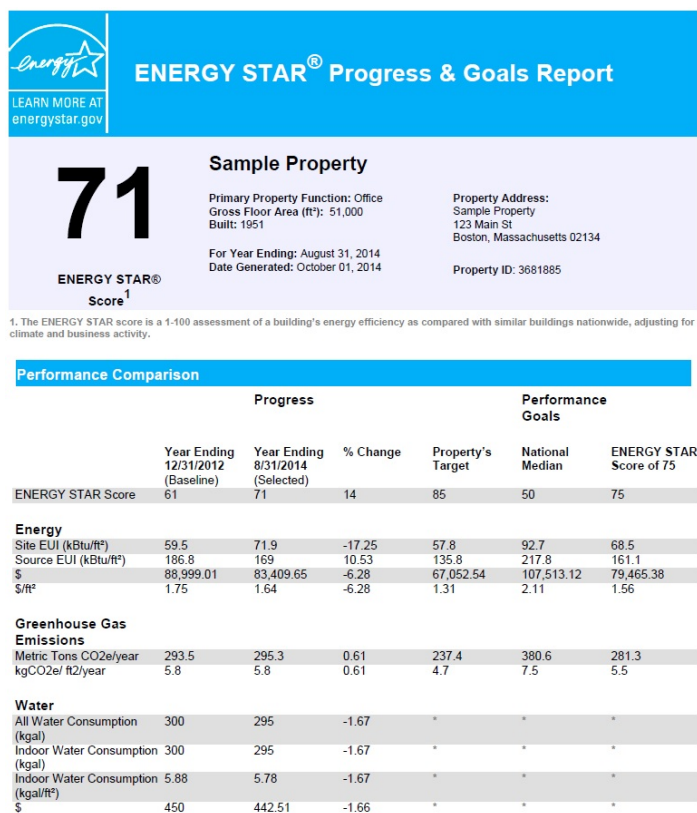


Figura 3.6: Exemplo de relatório da Energy Star

De utilização imediata, mesmo por utilizadores sem conhecimento específico na área, são ferramentas informáticas bem desenhadas produzindo relatórios que constituem uma ajuda fundamental no referido processo de comparação e busca de referenciais.

Utilizando o motor de busca *Google* e introduzindo os termos de pesquisa *europaean energy benchmarking buildings*, ou *europa buildings energetic data*, encontram-se diversos relatórios sobre o tema, bem como distintas ligações a páginas de internet. Destes resultados, e procurando um enquadramento o mais próximo possível nas anteriores referências às páginas norte americanas, destaca-se a página eletrónica ilustrada na Figura 3.7.

The screenshot shows the BPIE Data Hub website. At the top, there is a navigation bar with links for 'About', 'Data Search', 'Country profiles', 'Data Sources', 'Data Community', 'Glossary', and 'News'. Below this, the 'DATA HUB' section welcomes users and provides a brief overview of the hub's purpose. It features four main icons: 'Data Search', 'Country Profiles', 'Glossary', and 'Community'. To the right, a 'NEWS' section lists several articles with dates and titles, such as 'INSPIRE FR7 report on the European buildings stock' and 'BPIE report: Energy Performance Certificates across the EU'. Below the news, there is an 'OTHER SOURCES' section with a grid of links to various external databases and tools, including 'IEA POLICIES & MEASURES DATABASES (PAMS)', 'EUROSTAT DATABASE', 'EPISCOPE PLATFORM', 'ODYSSEE DATABASE', 'IEA BUILDINGS ENERGY EFFICIENCY POLICY DATABASE (BEEP)', 'EUROSTAT MANUALS AND GUIDELINES', 'ENTRANZE DATA MAPPING TOOL', 'REEGLE DATABASE', 'GBPN POLICY COMPARATIVE TOOL', 'TABULA WEB TOOL', 'MURE DATABASE', and 'BUILDINGRATING.ORG'. The footer contains a secondary navigation menu with links to 'About', 'Data Search', 'Country profiles', 'Data Sources', 'Data Community', 'Glossary', and 'News', along with sub-links for each category.

Figura 3.7: Página de internet - *Data Hub for the Energy Performance of Buildings* (BPIE, 2015)

A sua análise revela um contraste significativo comparativamente com as páginas anteriormente referidas. A informação é apresentada de uma forma menos objetiva, com ligações a várias outras páginas, dando a ideia de funcionar mais como uma montra de organismos do que propriamente como uma instituição. A informação que se obteve foi mais generalista, por país e sem o refinamento das filtragens de tipologias de edifícios, sistemas instalados, áreas de pavimento, entre outros parâmetros, conseguido nas páginas da *EnergyIQ* ou da *Energy Star*.

Não foram encontrados dados realmente úteis para efeitos comparativos do desempenho energético de edifícios com idêntica tipologia funcional e sistemas instalados, localizados em zonas climáticas semelhantes.

Tirando partido do processo de certificação energética que já decorre há alguns anos nos diferentes estados membros, o caminho a seguir para a obtenção de ferramentas de *benchmarking* eficazes, pode passar por uma agência central de energia europeia. Este organismo poderia de forma coordenada trabalhar a imensa informação existente nas distintas agências energéticas de cada país. Para além do reforço da ideia de uma política e um caminho energético comum, poderiam ser gerados resultados mais imediatos, quer em termos de uniformização no tipo e na forma de apresentar informação energética, quer sob o ponto de vista da qualidade dessa informação.

Após todo este percurso, é agora possível no âmbito do tema da tese – a manutenção de sistemas de AVAC em edifícios – expressar esquematicamente o ciclo de comissionamento aplicável a edifícios existentes, de acordo com a Figura 3.8.

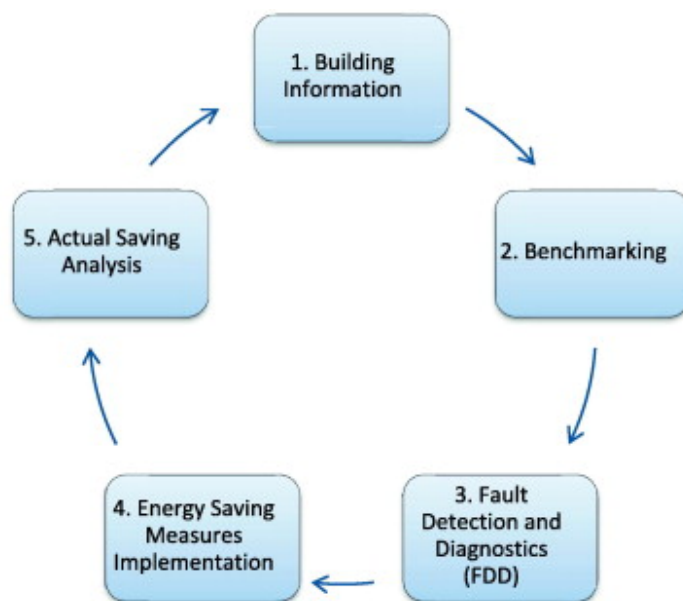


Figura 3.8: Ciclo de comissionamento para edifícios existentes (Wang et al., 2013)

Como conclusão deste ponto, importa sublinhar que não pode existir um processo eficiente e eficaz de manutenção aplicado a edifícios sem um processo de comissionamento associado.

3.3 Normas da manutenção

3.3.1 Normas NP, NP EN e EN

A Tabela 3.1 lista as Normas Portuguesas, NP, as Versões Portuguesas das Normas Europeias, NP EN, e as Normas Europeias, EN, relacionadas com a manutenção em geral e com a manutenção dos sistemas ou equipamentos de climatização em particular. Foi construída a partir da consulta da página da *internet* do Instituto Português da Qualidade: <http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/Pages/Normalizacao.aspx>

Tabela 3.1: Normas da manutenção NP, NP EN e EN no âmbito do tema da tese

Norma	Designação
EN 13306:2010-en	Terminologia da manutenção
NP EN 13269:2007-pt	Manutenção - Instruções para a preparação de contratos de manutenção
NP EN 13460:2009-pt	Manutenção - Documentação para a manutenção
EN 15331:2011-en	Criteria for design, management and control of maintenance services for buildings
NP EN 15341:2009-pt	Manutenção - Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)
NP EN 15628:2014-en	Maintenance - Qualification of maintenance personnel
NP 4483:2009-pt	Guia para a implementação do sistema de gestão da manutenção
NP 4492:2010-pt	Requisitos para a prestação de serviços de manutenção
NP EN 378-4:2008+A1:2014-pt	Sistemas frigoríficos e bombas de calor. Requisitos de segurança e proteção ambiental. Parte 4: Funcionamento, manutenção, reparação e recuperação do fluido.
NP EN 12097:2011-pt	Ventilação de edifícios. Redes de condutas. Requisitos dos componentes para facilitar a manutenção dos sistemas das redes de condutas.
NP EN 307:2000-pt	Permutadores de calor. Guia para preparação das instruções de instalação, operação e manutenção exigidas para garantia do desempenho de todos os tipos de permutadores de calor.
NP EN 1216:2000-pt	Permutadores de calor. Baterias de circulação forçada de ar para arrefecimento e para aquecimento. Procedimentos de ensaio para estabelecimento do desempenho.
NP EN 307:2000-pt	Permutadores de calor. Guia para preparação das instruções de instalação, operação e manutenção exigidas para garantia do desempenho de todos os tipos de permutadores de calor.

3.3.2 Normas UNE

A Tabela 3.2 elenca algumas normas espanholas com bastante interesse para a manutenção dos sistemas de climatização e produção/acumulação de água quente sanitária.

Tabela 3.2: Normas da manutenção UNE no âmbito do tema da tese

Norma	Designação
UNE 100012	Higienización de sistemas de climatización
UNE 100030 IN	Guia para la prevención y control de la proliferación e diseminación de legionela en instalaciones
UNE 100004 IN	Mantenimiento preventivo de instalaciones térmicas

3.3.3 Documentação relacionada com a doença dos legionários

Listam-se de seguida referências literárias bastante úteis para os serviços de manutenção em edifícios, relacionadas com a prevenção da doença dos legionários.

- **Doença dos legionários guia prático** - Direcção-Geral da Saúde & Direcção-Geral do Turismo - Lisboa 2001;
- **Prevenção e controlo de legionella nos sistemas de água** - Instituto Português da Qualidade | Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento;
- **Prevenção nos estabelecimentos hoteleiros da doença dos legionários** - Manual de boas práticas – Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo I.P. - maio 2011;
- **Prevenção nos balneários da doença dos legionários** - Manual de boas práticas – Administração Regional de Saúde de Lisboa e Vale do Tejo I.P. - maio 2011;
- **Doença dos legionários: redução do risco** - *Check list* para hotéis e outros empreendimentos turísticos – Ministério da Saúde;
- **Real Decreto 865/2003, de 4 de julio** - Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

3.4 Terminologia de manutenção

Como em qualquer outro domínio profissional, para que a comunicação entre os intervenientes nos diversos processos de uma organização se estabeleça de forma eficaz e eficiente, é necessária a utilização de conceitos ou definições que sejam de uso transversal. Assim,

importa desde logo definir o que se entende por manutenção.

Cabral (2009), define manutenção como:

"...o conjunto das ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e instalações, garantindo que são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certos, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, e tudo a um custo global otimizado."

Este autor classifica a manutenção quanto à filosofia de gestão e à forma como é desencadeada, de acordo com a Figura 3.9 e posteriores definições:

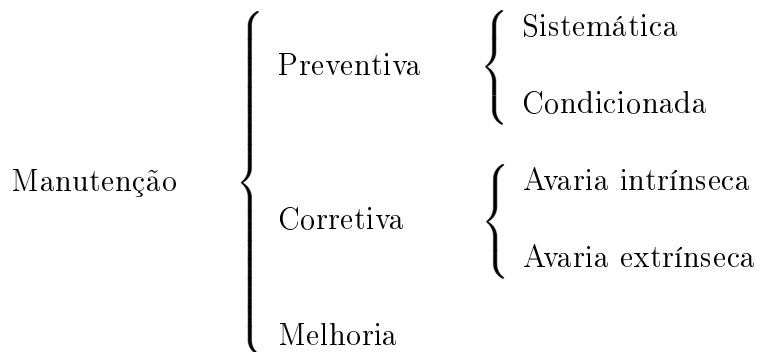


Figura 3.9: Classificação da manutenção quanto à filosofia de gestão e à forma como é desencadeada, (Cabral, 2009)

1. **Manutenção preventiva** – A que é realizada com o objetivo de evitar avarias, perda ou redução de função. Esta manutenção, em função da oportunidade com que é determinada pode ser subdividida em:
 - a. **Manutenção preventiva sistemática** – Quando é determinada cegamente a partir de intervalos pré-definidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente.
 - b. **Manutenção preventiva condicionada** – Quando é determinada a partir de sintomas apreendidos em inspeção ou controlo de funcionamento, antes de ter ocorrido perda de função.
2. **Manutenção corretiva** – A que é realizada na sequência de uma avaria ou perda de função. Esta avaria ou perda de função pode ter uma origem intrínseca ao próprio equipamento, ou extrínseca quando a falha foi causada por motivos externos ao bem.
3. **Manutenção de melhoria** – Uma intervenção destinada a melhorar o desempenho de um equipamento ou sistema.

Esta classificação, muito objetiva, foi a utilizada na implementação do sistema de gestão da manutenção descrita nesta tese.

Conforme referenciado em 3.3.1, a norma EN 13306, trata exclusivamente a temática da terminologia da manutenção. De seguida, de acordo com o referido documento normativo e com Cabral (2009), destaca-se alguma da terminologia da manutenção recorrentemente utilizada nesta tese.

2. Termos Fundamentais (EN:13306)

Manutenção – Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que possa desempenhar a função requerida.

Gestão da manutenção – Todas as atividades da gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção, e que as implementam por meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção, e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

Objetivo da manutenção - Metas atribuídas e aceites para as atividades de manutenção.

Estratégia da manutenção – Método de gestão utilizado para atingir os objetivos da manutenção.

Plano de manutenção – Conjunto estruturado de tarefas que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessários para executar a manutenção.

Função requerida – Função ou combinação de funções de um bem consideradas como necessárias para fornecer um dado serviço.

Cabral (2009) menciona ainda nesta categoria:

Preparação de trabalhos de uma atividade de manutenção - É a descrição do modo operativo a utilizar, a sequência das operações, materiais e peças a aplicar, ferramentas e aparelhagem de medida a utilizar, especialização, qualificação e quantidade de executantes, normas de segurança a observar e tempos previstos de execução.

3. Termos relacionados com bens (EN:13306)

Bem – Qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente.

Bem consumível – Bem ou material que não é específico de um bem e destinado a uma utilização única.

Peça de substituição – Bem destinado a substituir um bem correspondente, de forma a restabelecer a função requerida de origem.

Cabral (2009) menciona ainda nesta categoria:

Rotável (termo) – Um bem que tem a dupla aceção de objeto de manutenção e de sobressalente.

4. Propriedades dos bens (EN:13306)

Disponibilidade – Aptidão de um bem para estar em estado de cumprir uma função requerida em determinadas condições, num dado instante ou durante um intervalo de tempo, assumindo que os necessários recursos exteriores são fornecidos.

Fiabilidade – Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida, sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

Conformidade – Cumprimento por um produto, processo ou serviço de requisitos especificados.

Vida útil – Intervalo de tempo, em condições determinadas, que se inicia num determinado instante e termina quando a taxa de avarias assume valores inaceitáveis, ou quando o bem é considerado irreparável na sequência de uma avaria ou por outros fatores relevantes.

Taxa de avarias – Número de avarias ocorridas num bem durante determinado intervalo de tempo, dividido por esse intervalo de tempo.

5. Avarias e eventos (EN:13306)

Avaria – Fim da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida.

Degradação – Processo irreversível em uma ou mais características de um bem, relacionado com o tempo, o uso ou uma causa externa.

6. Falhas e estados dos bens (EN:13306)

Avariado – Estado de um bem caracterizado pela inaptidão para cumprir uma função requerida, excluindo a inaptidão devida à manutenção preventiva ou outras ações programadas, ou devida à falta de recursos externos.

Estado de disponibilidade – Estado de um bem caracterizado pelo facto de poder cumprir uma função requerida, assumindo que o fornecimento dos meios externos eventualmente necessários é assegurado.

Estado degradado – Estado de um bem que continua a cumprir uma função com um desempenho aceitável mas inferior ao valor nominal, ou que continua a desempenhar apenas algumas das suas funções requeridas.

Estado de indisponibilidade – Estado de um bem caracterizado por uma falha ou por uma eventual incapacidade de cumprir uma função requerida durante a manutenção preventiva.

Estado de incapacidade – Estado de um bem, caracterizado pela sua incapacidade de realizar uma função requerida, por qualquer motivo.

Estado de funcionamento – Estado de um bem que desempenha uma função requerida.

Estado de repouso – Estado de um bem disponível que não está em funcionamento durante o tempo em que não é requerido.

Estado de espera – Estado de um bem disponível que não está em funcionamento durante o tempo em que é requerido.

Estado de risco – Estado de um bem cuja avaliação determinou a possibilidade de provocar acidentes pessoais, danos materiais ou outras consequências inaceitáveis.

Paragem programada – Interrupção programada do funcionamento para operações de manutenção ou outros propósitos.

7. Tipos e estratégias de manutenção (EN:13306)

Manutenção preventiva – Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de falha ou de degradação do funcionamento de um bem.

Manutenção programada – Manutenção preventiva efetuada de acordo com um calendário preestabelecido ou de acordo com um número definido de unidades de utilização.

Manutenção condicionada – Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes.

Manutenção preditiva – Manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem.

Manutenção corretiva – Manutenção efetuada depois da deteção de uma falha e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida.

Manutenção de urgência – Manutenção corretiva que é realizada imediatamente após a detecção de uma falha a fim de evitar consequências inaceitáveis.

8. Atividades da manutenção (EN:13306)

Inspeção - Controle de conformidade realizado através de medição, observação, testes ou calibração de características significativas do bem.

Monitorização – Atividade realizada manual ou automaticamente, com o objetivo de observar o estado atual de um bem.

Teste de funcionamento – Ações efetuadas depois da realização de manutenção para verificar se o bem está em condições de cumprir a função requerida.

Manutenção de rotina – Atividades elementares de manutenção, regulares ou repetitivas, que geralmente não requerem qualificações, autorizações ou ferramentas especiais.

Revisão – Conjunto completo de exames e ações efetuados, de forma a manter o nível requerido de disponibilidade e de segurança de um bem.

Reparação – Ação física realizada para restabelecer a função requerida de um bem avariado.

Reparação temporária – Ações físicas realizadas para permitir a um bem avariado cumprir a função requerida durante um período de tempo limitado, até que seja realizada uma reparação.

Diagnóstico de avaria – Ações realizadas para detecção e localização da avaria e identificação da sua causa.

Melhoria – Combinação de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão, destinadas a melhorar a confiabilidade de funcionamento de um bem sem modificar a sua função requerida.

Modificação – Combinação de medidas de natureza técnicas, administrativa e de gestão, destinadas a alterar a função de um bem.

9. Termos relacionados com o tempo (EN:13306)

Tempo de disponibilidade – Intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de disponibilidade.

Tempo de indisponibilidade – Intervalo de tempo durante o qual um bem está em estado de indisponibilidade.

Tempo de funcionamento – Intervalo de tempo durante o qual um bem cumpre a função requerida.

Tempo requerido – Intervalo de tempo durante o qual o utilizador exige que o bem esteja em condições de cumprir uma função requerida.

Tempo de manutenção – Intervalo de tempo durante o qual se realiza, manual ou automaticamente, uma atividade de manutenção num bem, incluindo os tempos de origem técnica e logística.

Tempo de manutenção ativa – Parte do tempo de manutenção durante o qual se realiza, manual ou automaticamente, manutenção ativa num bem, excluindo os tempos relativos à logística.

Tempo de reparação – Parte do tempo de manutenção corretiva ativa durante o qual se realiza uma reparação num bem.

Tempo de logística – Tempo acumulado durante o qual não se pode efetuar manutenção devido à necessidade de adquirir os recursos necessários à manutenção, excluindo os tempos de natureza administrativa.

Ciclo de vida – Intervalo de tempo que se inicia com a conceção do bem e que termina com a sua eliminação.

Cabral (2009) menciona ainda nesta categoria:

Tempo para restabelecimento (oriundo da norma IEC 60050-191) – Intervalo de tempo durante o qual um bem está indisponível devido a uma avaria. Inclui os tempos administrativos e de logística.

Tempo de espera de atendimento (TDE) – Tempo decorrente entre um pedido de intervenção de manutenção e o início do trabalho de atendimento.

Período de intervenção (PDI) – Tempo decorrente entre o início e o fim de um mesmo trabalho de manutenção.

Tempo de indisponibilidade por avaria (TIA) – Tempo de indisponibilidade resultante da presença de uma avaria ou da sua reparação.

Tempo de indisponibilidade por manutenção programada (TIP) – Tempo de indisponibilidade resultante da realização de manutenção programada.

Esforço horas.homem (HH) – Esforço humano direto, expresso em horas homem dedicado à realização de um trabalho.

10. Ferramentas e logística de manutenção (EN:13306)

Logística de manutenção – Recursos, serviços e meios de gestão necessária para a realização da manutenção.

Documentação de manutenção – Informação, em suporte escrito ou eletrônico, necessária para a execução da manutenção.

Cabral (2009) menciona ainda nesta categoria:

Ordem de trabalho (OT) – É o documento que contém a informação relacionada com uma operação de manutenção e a referência a outros documentos necessários para realizar o trabalho de manutenção.

Pedido à Manutenção (PM) – É o documento oriundo de um requerente que documenta um pedido à manutenção, identificando o objeto de destino e especificando, em linguagem não necessariamente técnica, o que pretende, grau de urgência e data pretendidos e informações complementares relevantes.

11. Indicadores técnicos e económicos (EN:13306)

Custo do ciclo de vida – Conjunto dos custos incorridos pelo bem durante o seu ciclo de vida

Tempo médio de funcionamento entre avarias – Previsão matemática do tempo de funcionamento entre avarias.

Tempo médio entre avarias – Previsão matemática do tempo de calendário entre avarias.

Tempo médio de reparação – Previsão matemática do tempo de reparação.

3.5 Indicadores de manutenção

"*You can't manage what you can't measure*". Esta citação frequentemente utilizada em textos de gestão e atribuída a diferentes autores, é uma verdade de *La Palice*. Para se gerir, é necessário medir, analisar os dados e decidir. Para a manutenção e conforme anteriormente referido em 3.3.1 existe um documento normativo dedicado a esta matéria intitulado *Manutenção - Indicadores de desempenho da manutenção (KPIs)*.

Lavy et al. (2010) notaram que um conjunto de indicadores chaves de desempenho (*KPIs* – *Key Performance Indicators*, como vulgarmente são conhecidos) devem ser identificados e analisados durante um período de tempo, para que quando confrontados com uma base

comparativa, se possam retirar conclusões relativas a melhorias ou deteriorações. Suportaram também, que o setor privado tem uma abordagem na seleção de KPIs orientada para o lucro, enquanto as organizações governamentais e outras entidades públicas priorizam o serviço público.

Lavy et al. (2014) mencionaram que no caso particular das escolas, a avaliação do desempenho das infraestruturas deve-se focar nas condições físicas (deficientes, boas ou excelentes), na adequação funcional e nas questões relacionadas com a satisfação e produtividade dos utentes, visto que a qualidade ambiental proporcionada pelos edifícios afeta o desempenho de alunos e professores. Estes autores, são da opinião de que há inúmeros indicadores chaves de desempenho disponíveis; os eleitos pela gestão devem ser relevantes para os objetivos da instituição e devem ser calculados, analisados e avaliados de forma a poder aprovar o estado funcional dos sistemas com o custo mais baixo.

A investigação demonstrou que o estado das infraestruturas escolares está forte e positivamente relacionada com o sucesso escolar (Cash and Twiford, 2009), (Collins and Parson, 2010), (Earthman, 2002).

(Lavy et al., 2010) defendem a utilização de quatro categorias de indicadores:

1. **Financeiros** - Representam custos do edifício, seus sistemas e componentes. Traduzem o desempenho em termos de valor por unidade de área, pessoa ou serviço/produto. Exemplos: custos de operação, de manutenção, energéticos, de capital entre outros.
2. **Físicos** - Representam a condição física do edifício ou seus sistemas. Traduzem a adequação do edifício para prestar uma determinada função, a qualidade do espaço (ambiental e do ponto de vista fisiológico), a acessibilidade (localização, acessibilidade por deficientes) e o consumo de recursos (energia, água e materiais). Esta categoria de indicadores classifica-os do ponto de vista qualitativo e quantitativo. Exemplos: avaliação do desempenho do edifício em termos quantitativos (*Building Performance Index*), qualitativos, de higiene e segurança, de acessibilidade, de qualidade do ar interior, de consumo de água, apenas para citar alguns.
3. **Funcionais** - Medem o desempenho do funcionamento de um edifício avaliando e relacionando variados parâmetros da organização como volume de negócios, funcionários, espaços e instalações de apoio. Procuram transmitir a adequação dos espaços à sua função, a taxa de satisfação dos ocupantes, ou a taxa de volume de negócios por ocupante para citar alguns. Exemplos de indicadores nesta categoria: Produtividade: volume de negócios/ocupante, absentismo; Estacionamento: número de lugares/pessoa; Utilização de espaços: espaços sub ou sobre ocupados, espaços adequados ou não, espaços bem ou mal geridos.
4. **Indicadores baseados em questionários** - Indicadores que não são quantificáveis muitas vezes obtidos via questionários a clientes ou utilizadores. Dependem largamente do número de respostas e das características dos interrogados (idade, sexo,

localização, etc.). Exemplos: grau de satisfação dos clientes ou dos ocupantes com os produtos ou serviços, grau de satisfação e de participação comunitária ou adequação dos espaços às funções.

Os indicadores a utilizar na manutenção devem ser em número adequado e contido, ser certos, utilizados por períodos suficientemente longos que permitam tirar conclusões e refletir os objetivos da gestão de topo (Cabral, 2009).

A norma EN 15341:2007, referida anteriormente, define uma série de indicadores chaves de desempenho para a manutenção (*Maintenance Key Performance Indicators - KPIs*).

De acordo com este texto normativo, destinam-se a ajudar à obtenção de resultados de excelência utilizando os recursos técnicos de forma otimizada. Aplicam-se a toda a indústria e infraestruturas de apoio, onde se incluem os edifícios. Devem permitir:

- a) Avaliar o estado e o desempenho;
- b) Comparar o desempenho (*benchmarking* interno e externo);
- c) Diagnóstico (análise de pontos fortes e fracos);
- d) Definir objetivos;
- e) Planear estratégias e ações de melhoria;
- f) Partilhar os resultados para informar e motivar as pessoas;
- g) Medir continuamente as alterações ao longo do tempo.

De forma a abranger todos os aspetos da manutenção, estes indicadores encontram-se divididos em três grandes grupos: económicos, técnicos e organizacionais. A sua identificação normativa inicia-se pela letra inicial de cada um daqueles grupos: E, T e O.

A título exemplificativo, egem-se de seguida alguns indicadores de cada um destes grupos.

Económicos

$$E3 = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Quantidade produzida}} \quad (\text{€/un})$$

$$E11 = \frac{\text{Custo total dos materiais de manutenção}}{\text{Custo total de manutenção}} \quad (\text{x100\%})$$

$$E16 = \frac{\text{Custo de manutenção preventiva}}{\text{Custo total de manutenção}} \quad (\text{x100\%})$$

Técnicos

$$T1 = \frac{\text{Tempo de funcionamento total}}{\text{Tempo de paragem para manutenção} + \text{Tempo de funcionamento total}} \quad (\text{x100\%})$$

$$T2 = \frac{\text{Tempo de disponibilidade em tempo requerido}}{\text{Tempo requerido}} \quad (\text{x100\%})$$

$$T17 = \frac{\text{Tempo de funcionamento total}}{\text{Número de avarias}} \quad (\text{horas})$$

Organizacionais

$$O16 = \frac{\text{Horas de manutenção corretiva}}{\text{total de horas de manutenção}} \quad (\text{x100\%})$$

$$O22 = \frac{\text{Número de ordens de trabalho realizadas conforme programado}}{\text{Número total de ordens de trabalho}} \quad (\text{x100\%})$$

Os indicadores apresentados foram escolhidos por serem alguns dos mais utilizados na gestão da manutenção. No caso concreto da UM, a seleção dos indicadores será analisada em conjunto com a Direção dos STEC, integrando como é habitual as diretrizes da gestão de topo da instituição.

Por ser um dos módulos ainda não implementado, previsto por em marcha após a conclusão com sucesso dos testes aos módulos onde vai colher informação, a seleção de indicadores chaves de desempenho está planeada para uma fase mais avançada dos trabalhos.

Capítulo 4

Inspeção, recolha e tratamento da informação

4.1 As etapas da inspeção

A elaboração de um plano de manutenção preventiva, PMP, implica um conhecimento intrínseco do edifício, dos seus sistemas de climatização, dos equipamentos que deles são parte integrante e dos requisitos legais a que este documento deve obedecer – anteriormente abordados no ponto 3.2.2. Há todo um trabalho preparatório que deve ser preestabelecido e executado de forma a maximizar as rotinas de inspeção dos sistemas e seus equipamentos, dos registos e do tratamento da informação recolhida.

Esta visão do processo é ainda mais importante quando a intenção é aplicar um plano de manutenção preventiva a um parque de edifícios de número significativo. Os ganhos de produtividade com a sistematização de processos são evidentes.

Enumeram-se, nomeiam-se e desenvolvem-se de seguida cada uma das etapas que levam à redação de um PMP. São descritos procedimentos, referidos alguns modelos de fichas para recolha e organização da informação, listados equipamentos e materiais considerados importantes para o trabalho de inspeção e referenciadas as principais anomalias encontradas nos equipamentos mais comuns dos sistemas de climatização de edifícios.

4.1.1 Recolha da informação existente

Esta primeira etapa, de carácter genérico, apesar de não proporcionar um conhecimento rigoroso do edifício e dos seus sistemas, nem antecipar todas as dificuldades que irão surgir, permite adquirir uma ideia global da dimensão e complexidade do trabalho a desenvolver. Será possível no final desta fase, estimar metas temporais para o trabalho a realizar em cada edifício.

Inicialmente e em gabinete, deverão ser estudadas as plantas de implantação dos edifícios e analisadas as diferentes tipologias de edifícios existentes. Complementarmente, o recurso à vista de satélite do *Google Maps* permite um enquadramento mais realista e dinâmico com os alvos do trabalho. Este trabalho deve ser acompanhado pela criação de uma tabela genérica em folha de cálculo, relativa ao parque de edifícios, onde inicialmente conste o nome de cada edifício e a sua tipologia. Esta tabela e à medida que novos elementos sejam encontrados, será complementada com toda a informação considerada relevante.

De seguida, deve ser investigada a informação existente relativa a cada edificação. Estes elementos poderão estar em suporte informático num servidor da instituição, ou no caso de edifícios mais antigos apenas em documentos impressos em papel. A informação poderá estar mais ou menos dispersa, organizada ou completa, pelo que importa criar estruturas para a reunir, organizar, guardar e salvaguardar. Estas estruturas tanto podem ser do tipo físico (armários), como digital (pastas e ficheiros informáticos).

Um gestor da manutenção por norma, tem um gabinete onde desenvolve o seu trabalho administrativo quando não está no terreno em tarefas operacionais. Este é o seu ponto de comando, local onde normalmente se encontra o acesso geral ao(s) sistema(s) de gestão técnica centralizada dos edifícios e que deve reunir toda a informação existente a gerir, independentemente de redundâncias nas centrais técnicas dos diversos edifícios.

Entre os documentos a reunir (em papel ou suporte digital) encontram-se:

- Projeto de execução das instalações mecânicas de AVAC – peças escritas, desenhadas, mapas de quantidades e preços;
- Declaração de conformidade regulamentar no âmbito do SCE;
- Cópia do contrato com a empresa instaladora;
- Telas finais das instalações mecânicas de AVAC;
- Pastas com os manuais técnicos dos equipamentos instalados;
- Folhas de seleção dos equipamentos instalados nos seus pontos de funcionamento;
- Relatórios com a descrição e quantificação dos ensaios realizados;
- Documentos de receção provisória e definitiva da obra;
- Instruções de operação das instalações elaboradas pela empresa instaladora;
- Recomendações da empresa instaladora ou de fornecedores de equipamentos para a manutenção da instalação;
- Certificado energético no âmbito do SCE;

- Registos de intervenções de remodelações ou alterações na instalação (incluindo peças escritas, desenhadas, mapa de quantidades e preços);
- Registos de substituição de equipamentos (incluindo orçamentos e manuais de equipamentos);
- Contratos de manutenção expirados e em vigor;
- Registos de manutenções em equipamentos;
- Livro de ocorrências;
- Relatórios de auditorias energéticas ou da qualidade do ar interior;
- Registos dos consumos energéticos das diferentes fontes de energia utilizadas, discretizadas por contador de energia;
- Fotografias da fase da instalação, de manutenções, de equipamentos, de problema detetados;
- Outra informação existente e já trabalhada pela instituição, como anos de início e fim de construção, áreas de pavimento, número de utentes, planos de emergência, entre outra.

Muita desta informação, principalmente em edifícios antigos será difícil ou até impossível de obter, como é o caso da declaração de conformidade regulamentar do projeto, imposição legal que foi criada com regulamentação energética publicada em 2006.

A documentação em papel deverá ser devidamente etiquetada, organizada por edifício e guardada em armários fechados que a protejam do pó e da exposição à radiação solar. Aconselha-se a que a informação existente apenas em papel seja digitalizada, como salvaguarda da sua preservação e também para facilitar a sua consulta futura.

A informação em suporte informático deverá igualmente ser organizada, por edifício, numa estrutura de pastas lógica, com designações que facilmente remetam para os elementos que é expectável encontrar no seu interior. A preservação desta informação deverá ser assegurada por cópias a realizar automaticamente pelo servidor da instituição.

4.1.2 Inspeção deambulatória

Concluída a parte da recolha de informação, segue-se a primeira visita aos edifícios e aos principais equipamentos dos respetivos sistemas energéticos de climatização, que se encontram visíveis.

Aconselha-se a uma leitura rápida das peças escritas e desenhadas dos projetos de AVAC, para ficar com uma ideia genérica do que se vai encontrar. Se nesta leitura for detetado

algum aspeto que de imediato suscite alguma atenção mais detalhada, este deve ser anotado para que não seja esquecido e possa ser verificado no local.

Recomenda-se como ferramentas de trabalho para suporte desta inspeção um caderno de notas, um elemento de escrita e uma máquina fotográfica para um ou outro registo pontual.

Esta inspeção será muito generalista, aliás como o próprio nome indica, de passeio. Deve facilitar uma perceção da arquitetura do edifício mais célere e proporcionar uma ideia do estado geral da conservação dos equipamentos e sistemas de climatização. É importante anotar eventuais problemas detetados, sejam eles de conceção, de estado de funcionamento ou de conservação, para que possam mais tarde ser revistos com maior detalhe. É igualmente importante esclarecer as questões registadas na altura da rápida abordagem aos elementos escritos e desenhados do projeto efetuada em gabinete.

Nesta inspeção devem igualmente ser registadas as necessidades de ferramentas ou chaves especiais para aceder a quadros de energia ou ao interior de alguns equipamentos que se pretende inspecionar. Em última instância poderão ser inclusivamente necessários meios especiais de elevação para permitir realizar o trabalho previsto.

4.1.3 Preparação da inspeção

Efetuada as primeiras visitas aos edifícios e conseguida a visão global da dimensão, diversidade e complexidade do trabalho, segue-se a preparação das inspeções detalhadas aos equipamentos e sistemas de AVAC. Devem agora ser lembradas as anotações registadas durante a inspeção genérica e aplicáveis ao edifício cujos sistemas e equipamentos serão alvo de inspeção.

Consegue-se nesta fase e após as duas etapas anteriores, ter uma noção clara do tipo de sistemas e da documentação existente sobre os mesmos, podendo-se elaborar com o grau de detalhe desejado e possível, as fichas para registo de dados e características dos equipamentos.

Estas fichas devem nesta fase ser referenciadas com o tipo de equipamento (ventilador de extração, bomba, unidade de tratamento de ar), devidamente associado à sua referência de projeto (VE1, BF1, UTA1). A nomenclatura utilizada em projeto é habitualmente a utilizada na identificação do equipamento instalado e na etiquetagem do quadro elétrico que o alimenta e comanda.

Caso existam manuais, catálogos técnicos ou fichas de seleção dos equipamentos instalados, entregues em suporte informático ou em papel na altura de receção da obra, as fichas de características técnicas podem ser complementadas com estes elementos. Quanto mais informação técnica se conseguir reunir sobre um equipamento, mais completa ficará a sua

ficha técnica e mais utilidade terá para os serviços de manutenção.

Nesta fase sugere-se apenas o preenchimento das fichas com a informação que é possível confirmar na inspeção, como marca, modelo, diâmetro e tipo de polias, referência de correias de transmissão, filtros (quantidade, classe, dimensões), entre outra. Esta sugestão justifica-se com a hipótese do equipamento documentado não corresponder ao instalado, e desta forma evitar desperdícios de trabalho.

Após a validação do modelo, marca e características visíveis do equipamento durante a fase de inspeção, pode então a sua ficha característica ser completada com os restantes dados técnicos conseguidos.

Esta metodologia de trabalho tem a vantagem de permitir trabalhar a ficha de características durante a fase de inspeção numa perspetiva de lista de verificações e não como campos de preenchimento. Proporciona que o trabalho, muitas vezes realizado em condições de desconforto seja mais rápido, seguro, agradável e com menor erro. As inscrições nas chapas ou autocolantes dos equipamentos existentes muitas vezes estão pouco legíveis, podendo facilmente ocorrerem trocas de caracteres, se não existirem outros elementos de verificação.

O modelo de ficha de características de equipamentos a utilizar, pode ser desenvolvido individualmente pelo gestor da manutenção para cada tipo de equipamento existente (ventiladores, bombas, unidades de tratamento de ar, *Chiller*, caldeiras, por exemplo) com o grau de detalhe desejado.

A Tabela 4.1 retrata a ficha genérica para este efeito disponibilizada pela norma UNE 100004 IN.

Recomenda-se no entanto e em favor do rigor da informação, que o responsável pela manutenção desenvolva um modelo próprio para cada equipamento, que o parametrize e caracterize de acordo com as suas especificidades próprias e com a informação reunida.

A Tabela 4.2 ilustra um exemplo do referido aplicado a um *Chiller*.

- do *flash* nas placas de características dos equipamentos, impossibilita muitas vezes a leitura da informação que nelas está gravada e que se pretende registar;
- Lanterna, preferencialmente que permita a fixação na cabeça ou no pulso, permitindo a liberdade de ambas as mãos. Vai certamente existir a necessidade de inspecionar equipamentos que estão em pontos elevados, sendo necessárias ambas as mãos para subir escadas em segurança, escrever anotações ou tirar fotografias;
 - Fita métrica para por exemplo confirmar medidas de filtros de ar de unidades de tratamento, de ventiladores de insuflação ou de ventiloconvectores;
 - Paquímetro para confirmar dimensões de polias e de correias de transmissão de ventiladores - Figura 4.1 ;
 - Mochila de dimensões compactas que permita transportar o equipamento de inspeção necessário e facultar liberdade de mãos sempre que necessário. As dimensões contidas da mochila facilitam a passagem por aberturas de dimensões modestas como acessos a coberturas e a tetos falsos;
 - Máscara protetora contra partículas para inspeções a filtros de ar e presença em locais com sujidade significativa;
 - Luvas de proteção para trabalhos mecânicos e inspeções a quadros elétricos;
 - Escadas ou escadotes;
 - Chave universal para quadros elétricos;
 - Alicate universal;
 - Chave de fendas e de cruz.



Figura 4.1: Prancheta A4, lanterna de fixação à cabeça ou pulso, fita métrica, máquina fotográfica, chave de roquete de *bits* e paquímetro

Outro equipamento recomendado:

- Pinça amperimétrica com multímetro, que será útil para aferir situações pontuais de equipamentos que apresentem anomalias funcionais;
- Busca polos, para verificar rapidamente a presença de corrente em cabos de alimentação elétrica;
- Termómetro com sonda de contacto para medir temperaturas de ar ou de tubagens isoladas;
- *Tablet Android, IOS ou Windows*, de forma a poder transportar bastante informação como plantas da instalação, esquemas de princípio ou manuais de equipamentos num dispositivo de volume e peso reduzidos.

4.1.4 Inspeção a equipamentos e sistemas AVAC

Organizada a informação relativa aos sistemas de AVAC e preparado o equipamento necessário, é altura de avançar para o terreno e iniciar o trabalho de inspeção.

Recomenda-se o agendamento desta tarefa para datas programadas de manutenção preventiva. Desta forma é possível tirar partido de sinergias relativas a mão de obra, ferramentas e meios de elevação. É sempre mais produtivo e seguro realizar as inspeções acompanhado pelos técnicos que conhecem a instalação.

Listam-se de seguida alguns dos problemas vulgarmente detetados nas tarefas de inspeção em edifícios existentes. Estas situações têm por vezes um carácter transversal às instalações de AVAC, ou são mais específicas em determinados locais ou equipamentos.

Problemas genéricos

- Acessos difíceis a equipamentos, dificultando e por vezes impossibilitando a realização de alguns trabalhos;
- Falta de identificação nos equipamentos (por nunca ter sido efetuada, por exposição prolongada à radiação solar e à chuva causando a sua erosão no caso de equipamentos instalados no exterior);
- Tetos falsos a funcionar como plenos dos sistemas AVAC, com bastante sujidade e resquícios de materiais construtivos deixados desde a fase de construção / instalação;
- Armários de *courettes* técnicas onde estão instalados quadros elétricos ou termoacumuladores a funcionar como economato ou despensas de materiais de escritório ou de limpeza, impedindo muitas vezes o acesso às infraestruturas mencionadas;
- Desequilíbrios de caudais de ar e de água;

- Rejeições de ar poluído nas proximidades das admissões de ar novo do edifício ou dos equipamentos que efetuam essa admissão;
- Laboratórios sem controlo do diferencial de pressão para os espaços contíguos;
- Falta de isolamento térmico nas instalações de água quente em espaços exteriores ou não úteis;
- Falta de proteção das condutas em material plástico, da exposição solar;
- Falta de comissionamento ou auditoria ao sistema de gestão técnica centralizada que inclua o ajuste e calibração dos elementos de regulação pelos motivos referidos em 3.2.3;
- Necessidade de reaperto das ligações elétricas nos bornes de alimentação aos equipamentos e quadros elétricos;
- Apoios e suportes deficitários de equipamentos e de caminhos de cabos que podem ferir os elementos de impermeabilização ou o isolamento térmico das coberturas dos edifícios;
- Lixo de obra, vegetação selvagem e musgos nas coberturas dos edifícios.

Centrais térmicas interiores e exteriores

- Sujidade;
- Vegetação selvagem por eliminar;
- Falta de afixação dos esquemas de princípio;
- Enchimento manual das instalações, implicando riscos para as bombas (as perdas de água na instalação por motivos diversos não são automaticamente compensadas) podendo ocorrer fenómenos de cavitação;
- Não verificação das concentrações de produtos injetados nos circuitos fechados de água (glicol ou molibdatos);
- Ausência de válvulas antipoluição nos grupos de enchimento.

Caldeiras

- Sujidade interior e exterior;
- Visor de chama sujo;
- Afinação e/ou lubrificação deficitária dos mecanismos de regulação de caudal de ar;

- Desgaste dos mecanismos do programador do queimador;
- Deficiente proteção térmica da flange de ligação dos queimadores pressurizados às caldeiras;
- Drenos de água de condensação entupidos pelos resíduos gerados pela corrosão do interior da fornalha da caldeira;
- Ligações flexíveis do queimador de gás à caldeira com sinais de corrosão. Esta corrosão é muitas vezes sinónimo de fugas. Quando detetada esta anomalia, recomenda-se o teste de estanquicidade imediato e o corte da instalação de gás se a fuga for confirmada. As ligações flexíveis afetadas por este fenómeno deverão ser rapidamente substituídas, preferencialmente por ligações com revestimento protetor contra os fenómenos corrosivos.

Chillers

- Sinais de corrosão na envolvente exterior, com particular incidência na base da unidade e nas grelhas de proteção dos ventiladores do circuito de permuta de calor com o ar;
- Isolamentos térmicos de tubagens ou permutadores danificados pela exposição direta aos agentes atmosféricos;
- Apoio inadequado diretamente no pavimento dos espaços técnicos e não recorrendo a apoios antivibráticos sobre um maciço que evitem o contato direto da água com a estrutura do equipamento originando a sua corrosão;
- Sujidade no interior do quadro elétrico. Necessidade de apertos das ligações elétricas. Contactos dos contactores com sinais de desgaste em aparelhagem mais antiga devido a um elevado número de manobras;
- Sinais de fuga de frigorigéneo indiciados pela presença de óleo de lubrificação que com ele circula nos circuitos;
- Erosão das inscrições nas placas identificativas;
- Sujidade nas alhetas das baterias de permuta de calor com o ar, com consequências diretas na diminuição do rendimento dos equipamentos, nos ventiladores e no interior da unidade;
- Alhetas rasgadas, com corrosão ou desalinhas com o sentido do fluxo de ar (dobradas);
- Vedantes dos painéis de acesso à unidade ou ao seu quadro elétrico danificados.

Ventiladores

- Corrosão e sujidade da envolvente exterior (essencialmente nos equipamentos instalados no exterior dos edifícios);
- Falta de continuidade, má vedação ou inclinações deficientes dos tetos de proteção das unidades instaladas no exterior;
- Manípulos das portas com sinais de erosão ou corrosão fruto da exposição aos agentes atmosféricos;
- Lonas antivibráticas ressequidas ou com fissuras (essencialmente nos equipamentos instalados no exterior dos edifícios);
- Sujidade interior (caixa, pás do ventilador e motor elétrico);
- Fugas ou entradas de ar através das portas, devido a vedantes danificados ou à sua ausência;
- Isolamentos termoacústicos com sujidade ou danificados, no caso de equipamentos com painéis simples;
- Correias de transmissão com folga, partidas ou em vias de partir;
- Perfis de correias de transmissão inadequados às polias do equipamento;
- Polias arrastada e motora com perfis distintos;
- Desgaste do encaixe ou do canal de polias;
- Desalinhamentos de correias de transmissão;
- Falta de lubrificação de veios e chumaceiras ou rolamentos;
- Apoios inapropriados, por vezes inexistentes com consequências ao nível de corrosão da base das unidades instaladas no exterior (a água da chuva fica entre a base e o maciço de suporte e dificilmente evapora, mesmo quando as condições ambientais são favoráveis).

Unidades de tratamento de ar

A listagem anterior relativa a ventiladores aplica-se a estes equipamentos. Não será de novo referida neste item. Adicionalmente para estes equipamentos convém verificar os seguintes itens:

- Sujidade excessiva em filtros, alhetas das baterias de água, pás de ventiladores e módulos interiores. A sujidade dos seus componentes internos pode ser causada por filtros sujos, pela ausência de um filtro imediatamente após a ligação da unidade às condutas de retorno e/ou admissão de ar, pelo desgaste das correias de transmissão, ou por entradas de ar devidas à falta de estanquicidade da unidade;
- Sinais de corrosão na estrutura metálica de suporte e fixação dos filtros de ar ou nos perfis que os suportam no equipamento;
- Falta de continuidade nos elementos filtrantes;
- Ausência das placas de vedação entre o filtro e a envolvente interna da unidade, permitindo o *by-pass* ao filtro e contribuindo para a sujidade dos restantes componentes internos e da rede de difusão de ar;
- Falta de pressostatos para sinalização de filtros colmatados;
- Sujidade e oxidação no tabuleiro de recolha de condensados;
- Alhetas das baterias de água rasgadas, com corrosão ou desalinhas com o sentido do fluxo de ar (dobradas);
- Presença de ar nas baterias de água;
- Folgas e/ou falta de lubrificação nos mecanismos de acionamento e posicionamento das lâminas dos registos de ar, originando ruídos e vibrações;
- Ausência de separadores de gotas em unidades de tratamento de ar, em que a velocidade de passagem de ar nas suas baterias de água arrefecida implicaria a sua instalação;
- Sifões dos tabuleiros de condensados inexistentes ou mal executados.

Unidades autónomas de condicionamento de ar e sistemas de caudal de frigorigéneo variável

A grande maioria das situações aplicáveis a ventiladores, unidades de tratamento de ar e *Chillers* é também válido para estas famílias de equipamentos. Não serão pois novamente repetidas.

Bombas circuladoras

- Corrosão e sujidade exterior;
- Placas de características com significativos sinais de erosão ou corrosão, tornando a leitura difícil;
- Ventilador de arrefecimento do motor ressequido ou danificado, em equipamentos instalados no exterior. Possibilidade do ventilador de arrefecimento do motor estar descalibrado, provocando o contacto entre o ventilador e a sua carcaça, originando por vezes a sua desintegração;
- Juntas antivibráticas secas ou gretadas;
- Posição de montagem inadequada em bombas *in-line*;
- Ruídos provenientes de rolamentos gripados;
- Empanques de água danificados.

Ventiloconvectores

- Sujidade exterior e interior do equipamento;
- Filtros de ar sujos;
- Motores elétricos dos ventiladores danificados;
- Presença de ar nas baterias de água;
- Alhetas das baterias de água rasgadas, com corrosão ou desalinhadas com o sentido do fluxo de ar (dobradas);
- Incrustações e depósitos nos tabuleiros de condensados;
- Corrosão dos tabuleiros de condensados quando construídos em aço;
- Termostatos danificados (elétrica ou fisicamente);
- Atuadores elétricos das válvulas de duas ou três vias avariados;
- Tampa de acesso aos termostatos (unidades com móvel) danificada.

Radiadores

- Sujidade no interior dos elementos, sobre a superfície das alhetas defletoras que são de difícil acesso;
- Necessidade de retoque da pintura. Normalmente são equipamentos muito expostos, por vezes instalados em zonas de circulação comum de edifícios com muitos utentes;
- Necessidade de revisão dos suportes, pois muitas vezes os radiadores em zonas comuns dos edifícios são utilizados como encosto ou banco pelos seus utentes;
- Válvulas de regulação manual ou termostáticas com os mecanismos plásticos de fixação ao corpo da válvula danificados;
- Válvulas termostáticas com os bolbos que atuam no êmbolo da válvula modelando dessa forma o caudal, avariados;
- Purgadores automáticos de ar entupidos acarretando problemas de fuga de água;
- Purgadores automáticos de ar mal orientados (válvula de purga não orientada na direção vertical ascendente);
- Veios das válvulas de regulação do caudal de água oxidados, originando a sua prisão na posição que normalmente impede a circulação de água;
- Fugas de água através das juntas, principalmente nos acessórios que ligam nos quatro cantos dos radiadores (uniões de redução, purgadores automáticos e tacos).

Permutadores de calor tubulares ou de placas do tipo água-água

- Sinais de corrosão exterior ou sujidade acumulada;
- Sujidades ou incrustações interiores;
- Ausência de isolamento térmico nos permutadores de placas.

Permutadores de calor rotativos ou de placas ar-ar

- Sinais de corrosão e/ou de sujidade na envolvente exterior e nos elementos de permuta. A sujidade nos elementos de permuta indicia filtros de ar a montante utilizados para além do limite aconselhado.

Condutas

- Sujidade acumulada quer no interior quer no exterior;
- Corrosões exteriores ou interiores;
- Deficiente vedação entre tramos de conduta originando fugas ou entradas de ar, dependendo do posicionamento das condutas face ao ventilador;
- Deformação das secções das condutas, facilmente perceptível quando se liga ou desliga os equipamentos de ventilação que lhes estão associados. Normalmente esta situação está associada a uma espessura de chapa insuficiente, à falta de reforços estruturais, ou à instalação de segmentos de conduta com comprimento excessivo;
- Admissões ou expulsões de ar através de redes anti-pássaros ou de grelhas, danificadas ou com sujidade;
- Deficiente fecho dos negativos efetuados nos elementos construtivos, destinados à passagem de condutas;
- Ausência de interposição de material antivibrático entre as condutas e os seus suportes;
- Espaçamento entre suportes inadequado;
- Furações para medição de caudal de ar executadas sem a colocação de tomadas próprias para o efeito, ficando o furo efetuado aberto ou na melhor das hipóteses tapado com fita de alumínio;
- Condutas flexíveis com comprimento excessivo;
- Ausência, má colocação ou ausência de registos (ou acesso aos registos) de regulação de caudal de ar;
- Falta de identificação dos circuitos, do tipo de ar (novo, extração, recirculação) e do sentido do seu fluxo.

Grelhas e difusores

- Sujidade superficial, por vezes significativa;
- Ruídos provenientes de deficiente fixação das lâminas de grelhas ou registos;
- Ruídos provenientes de caudal de ar excessivo e regulação efetuada apenas no registo do elemento terminal de difusão ou captação de ar (ausência ou falta de acesso aos registos nas redes de distribuição de ar);
- Má ou inexistente calibração de caudais de ar;

- Má afinação dos elementos reguláveis de grelhas e difusores, mau posicionamento na instalação ou seleção inadequada. Consequências ao nível do conforto na zona de ocupação (velocidade excessiva), na taxa de ventilação (que pode ser reduzida) ou na indução do ar do espaço provocado pelo ar de insuflação (mistura pouco uniforme);
- Má estanquicidade nas ligações de grelhas a plenos e de plenos a condutas.

Acumuladores de água quente sanitária (AQS)

- Sinais de corrosão na envolvente exterior;
- Apoio inadequado, diretamente no pavimento dos espaços técnicos e não num maciço que evite o contato direto da água de lavagens ou de descargas com a base ou pés de apoio do acumulador originando a sua corrosão;
- Ânodos de sacrifício gastos ou ausentes;
- Ausência de portas de inspeção ao seu interior e conseqüentemente aos permutadores;
- Ausência de um vaso de expansão que absorva a dilatação da AQS durante o seu aquecimento, originando descargas constantes através da válvula de segurança que protege o acumulador.

Tubagens

- Sinais de corrosão, pinturas com necessidade de revisão;
- Juntas de dilatação ressequidas;
- Falta de identificação dos circuitos, do tipo e temperatura do fluido e do sentido do seu fluxo;
- Isolamento térmico mal executado ou danificado, permitindo o contacto com o ar e a formação de condensados nas superfícies das tubagens de água arrefecida, originando corrosões superficiais;
- Tubagens, válvulas e corpos de bombas circuladoras de água quente por isolar nas centrais térmicas, com o conseqüente desperdício energético;
- Golpes de ariete motivados por fecho rápido de válvulas na instalação e da ausência de dispositivos que tenham capacidade para os absorver.
- Má estratégia de localização de apoios fixos e móveis face ao trajeto efetivo das tubagens, impedindo a sua livre dilatação e comprometendo a sua integridade. Ausência de liras para absorção das dilatações e contrações resultantes das variações térmicas que sofrem.

Flanges de tubagens

- Desapertos nos parafusos ou varões e respetivas roscas.

Vasos de expansão

- Sinais de corrosão exterior;
- Pressão inadequada na câmara de expansão;
- Membranas de separação água-azoto danificadas. O vaso deixa de desempenhar a sua função. Os sinais desta anomalia são:
 - Descarga de água através da válvula de segurança pois a água não tendo por onde expandir vai originar um aumento da pressão interna na rede;
 - Uma uniformização de temperatura e um som ao toque idêntico na parte inferior e superior do vaso de expansão;
 - Saída de água quando se pressiona a válvula de enchimento da câmara de azoto.

Esgotos de condensados

- Pendentes mal executadas;
- Falta ou má execução de sifões.

Forra mecânica

- Folgas nas juntas dos painéis e amassadelas, que muitas vezes aliadas à erosão do silicone de vedação propiciam a acumulação de água na sua superfície e a absorção dessa água pelo isolamento. Como consequência o isolamento degrada-se perdendo a sua função (fenómeno mais acentuado no isolamento de lã de vidro ou de rocha das condutas que absorve grande quantidade de água) e as superfícies de condutas e tubagens apresentam sinais de corrosão, fruto do contacto constante com a água.

Válvulas

- Fugas de água pelos vedantes e empanques dos eixos das válvulas;
- Desgaste ou má fixação dos encaixes e dos mordentes dos servomotores nas válvulas motorizadas;
- Dificuldade ou ausência de movimento livre das válvulas na resposta aos sinais de comando.

Filtros de água

- Sujidade interior resultando por vezes em colmatção da respetiva malha filtrante.

Manómetros e termómetros

- Escalas inadequadas à pressão de serviço ou à temperatura no local onde estão instalados;
- Escalas distintas utilizadas para efeitos de análise de diferencial de pressão ou temperatura;
- Diâmetros inadequados que dificultam a leitura;
- Corrosão das caixas metálicas principalmente quando estão instalados no exterior;
- Fissuras na envolvente plástica quando inadequadamente manómetros e termómetros com este tipo de caixa são instalados no exterior, sujeitos a radiação solar intensa;
- Ausência de válvulas com purga na ligação ao manómetro para eliminar o ar residual entreposto entre tubagem e o manómetro;
- Manómetros avariados por picos de pressão ou pela flutuação constante do mecanismo transdutor de pressão, principalmente quando são utilizados equipamentos mais baratos que não têm o seu interior banhado em glicerina;
- Folga excessiva entre a bainha e a sonda do termómetro originando leituras imprecisas. Raramente são utilizadas massas condutoras próprias para garantir a continuidade do contacto entre a bainha e a sonda, o que origina leituras menos precisas.

Atuadores motorizados em válvulas e registos de ar

- Mecanismos de movimentação ou de fixação avariados;
- Avarias elétricas dos atuadores;
- Ausência de proteção contra a radiação solar e incidência direta da água da chuva, o que acarreta graves consequências na longevidade destes componentes.

Purgadores automáticos de ar

- Orientação incorreta;
- Corrosão;
- Entupimentos;

- Perdas de água;
- Ausência de válvula de corte para substituição, quando não é instalada a válvula de retenção que normalmente é fornecida com o purgador;
- Incapacidade de vedação da válvula de retenção do purgador, devido a lixo acumulado, problemas de oxidação ou problemas mecânicos.

Quadros elétricos

- No interior, a existência de sujidade (incluindo aranhas e suas teias, ninhos de vespas quando instalados no exterior). Por vezes de sinais de corrosão;
- Na envolvente exterior, a existência de sujidade e de sinais de corrosão, principalmente em quadros localizados no exterior;
- Borrachas de vedação das portas danificadas (quando aplicável);
- Problemas nos mecanismos de fecho e abertura das portas;
- Falta de proteção dos barramentos do quadro contra um contacto acidental, principalmente nos quadros elétricos mais antigos;
- Necessidade de reaperto das ligações elétricas, principalmente nos componentes com intenso movimento mecânico como é o caso dos contactores;
- Contactos dos contactores com sinais de desgaste em aparelhagem mais antiga devido a um elevado número de manobras;
- Relés e fusíveis queimados;
- Tampas de calha elétrica soltas ou em falta no interior dos quadros;
- Necessidade de aplicação de produtos que tratem eventuais oxidações dos terminais dos cabos e aparelhagem onde ligam e que previnam o seu reaparecimento;
- Iluminação de sinalização fundida;
- Manípulos das botoneiras soltos;
- Etiquetagem mal colocada ou ausente;
- Falta de esquemas elétricos ou esquemas em mau estado de conservação;
- Má identificação de cabos / circuitos e aparelhagem;
- Ventiladores de arrefecimento avariados;

- Ausência de chave de abertura na proximidade do quadro. Implica muitas vezes a utilização de ferramentas “alternativas” que danificam as respectivas fechaduras.

Calhas e caminhos de cabos elétricos

- Quando instalados no exterior, as calhas e caminhos de cabos muitas vezes não são dotados de uma tampa que impeça a radiação solar de atacar o revestimento dos elementos que transportam;
- Deficiências na suportagem. Frequentemente quando instalados em coberturas exteriores planas, os caminhos de cabos são apenas pousados sobre a cobertura, podendo originar ferimentos nos elementos de impermeabilização ou de isolamento térmico.

Cabos elétricos

- Inadequada utilização para certas aplicações, como por exemplo para a instalação no exterior dos edifícios;
- Ausência de buçins de proteção na entrada para alimentação aos equipamentos;
- Ausência de identificação da função e do circuito que integram.

Pressostatos, fluxostatos e sondas de temperatura, dióxido de carbono, humidade entre outras

- Estrutura envolvente ressequida ou mesmo partida fruto da ausência de proteção contra a radiação solar e incidência direta da água da chuva, o que acarreta graves consequências na longevidade destes componentes;
- Desapertos de ligações elétricas;
- Desafinação ou mau funcionamento de pressostatos e fluxostatos;
- Mangueiras dos pressostatos ressequidas ou partidas;
- Falta de aferição dos valores lidos pelas sondas com consequências diretas nos processos de regulação de qualidade do ar interior, nos processos e faturas energéticas;
- Sondas de aferição de temperatura de ar exterior, utilizadas para os processos de regulação energética, instaladas em fachadas não orientadas a norte e desprotegidas da incidência solar direta.

Sistemas de gestão técnica centralizada

- Controladores periféricos que não se encontram a comunicar com o restante sistema de gestão;
- Leituras de valores de sondas incoerentes ou fora dos parâmetros de regulação;
- Inadequada programação horária, comutação de hora inverno/verão ou definição de períodos de paragem das instalações;
- Ausência de análise de históricos de alarmes ou avarias, verificações e registos;
- Problemas em alguns processos de controlo por falta de comissionamento ou auditoria ao sistema de gestão técnica centralizada que inclua o respetivo ajuste e calibração dos elementos de regulação;
- Ausência de cópias de segurança da programação e bases de dados.

4.2 Tratamento e organização da informação recolhida

A informação recolhida na fase de inspeção em cada edifício é posteriormente cruzada com a informação existente e referida em 4.1.1 de forma a ser verificada e complementada na extensão possível e com interesse para a manutenção. Deverá ser trabalhada de uma forma integrada, relacionando os diversos equipamentos e as suas principais características com os diversos espaços do edifício. A figura da página seguinte - Tabela 4.3 - procura ilustrar este processo. Estas tabelas podem ser melhor compreendidas após a leitura do ponto 5.5 - codificação utilizada no sistema de gestão.

Por seu turno, a informação também deverá ser organizada por família de equipamentos, como exemplificado na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Equipamentos de um edifício organizados por famílias - exemplo para ventiloconvectores

POS.	Ref. ^a		Marca/Modelo	Local instalação		Caudal de insuflação @ vel. média (m ³ /h)	Filtro de ar	Caudais água (l/h)		Valores de projeto		
	PMP	Projeto						Caudais água (l/h)		Pot. Térmicas (kW) @ velocidade máxima		
								Fria	Quente	Arrefecimento		Aquec.
		Total	Sensível	Total								
1	VCO 1A.1	VCV 0.1	Daikin / FWV8BA6V1	EA 1.13	Sala de reuniões	792	Plano G3	860	240	4,60	3,90	1,7
2	VCO 1A.2	VCV 0.2	Daikin / FWV2BA6V1	EA 1.06	Sec. conselho científico	243	Plano G3	290	120	1,52	1,30	0,5
3	VCO 1A.3	VCV 0.3	Daikin / FWV6BA6V1	EA 1.15	Vice-presidente	606	Plano G3	610	240	3,33	3,00	0,9
4	VCO 1A.4	VCV 0.4	Daikin / FWV3BAF6V1	EA 1.16	Presidente cons. científico	338	Plano G3	430	120	2,30	2,10	0,7
5	VCO 1A.5	VCV 0.5	Daikin / FWV3BAF6V1	EA 1.17	Presidente cons. curso	338	Plano G3	430	120	2,30	2,10	0,7
6	VCO 1A.6	VCV 0.6	Daikin / FWV4BAF6V1	EA 1.11	Presidente da escola	469	Plano G3	580	240	3,10	2,90	1,1
7	VCO 1A.7	VCV 0.7	Daikin / FWV2BA6V1	EA 1.06	Secretariado do president	243	Plano G3	290	120	1,52	1,30	0,5
8	VCO 1A.8	VCV 0.8	Daikin / FWV3BAF6V1	EA 1.09	Chefe de secção	338	Plano G3	290	120	1,69	1,50	0,5
9	VCO 1A.9	VCV 0.9	Daikin / FWV3BAF6V1	EA 1.08	Secretário	338	Plano G3	290	120	1,69	1,50	0,5
10	VCO 1A.10	VCV 0.10	Daikin / FWV6BA6V1	EA 1.07	Secretaria / Atendimento	606	Plano G3	580	240	3,03	2,60	1,6
11	VCO 1A.11	VCV 0.11	Daikin / FWV4BAF6V1			469	Plano G3	580	240	3,03	2,60	1,6
12	VCO 2B.1	VCV 1.1	Daikin / FWV10BAF6V1	EA 2.44 / 2.46	Sala de CAD	984	Plano G3	890	240	5,38	4,80	0,8
13	VCO 2B.2	VCV 1.2	Daikin / FWV10BAF6V1			984	Plano G3	890	240	5,38	4,80	0,8
14	VCO 2B.3	VCV 1.3	Daikin / FWV10BAF6V1			984	Plano G3	890	240	5,38	4,80	0,8
15	VCO 2B.4	VCV 1.4	Daikin / FWV10BAF6V1	EA 2.48 / 2.50	Sala de CAD	984	Plano G3	890	240	5,38	4,80	0,8

Trabalhar esta informação, definindo campos a preencher de forma sistemática e transversal aos diversos edifícios ou sistemas, é essencial para a uniformização do trabalho.

Recomenda-se a realização desta tarefa em folha de cálculo pela facilidade de formatação, replicação, organização, automatismos e filtragens de informação permitidos.

Mais tarde e na altura da importação das imensas características e campos dos equipamentos bem como das suas rotinas de manutenção para o SGMCE, podem ser desenvolvidas ferramentas informáticas que processem a importação de centenas de dados. Estes elementos deverão para esse efeito ser organizados de forma condicionada em folhas de cálculo. Se a informação tiver sido compilada neste suporte, a tarefa de transferência de informação será incomparavelmente mais simplificada.

4.3 Definição de consumíveis a reter em armazém

Em função da filosofia de gestão de cada entidade no que respeita por exemplo à utilização de recursos humanos para as tarefas de manutenção (próprios, subcontratados ou um misto ambas as situações), importa definir se a instituição vai criar e gerir um armazém de consumíveis.

No caso de se avançar para a criação desse armazém, é necessário definir que consumíveis e que quantidades é necessário ter como reserva. Será igualmente necessário definir uma política de gestão de aprovisionamento, que dependerá de diversos parâmetros como con-

sumos médios, custo, prazo de entrega ou prazo de validade entre outros.

A política de gestão de stocks é por si uma matéria muito vasta, alvo de muitos estudos e publicações. Por ser uma matéria acessória no âmbito do tema deste trabalho, referem-se apenas as opções tomadas relativamente aos sistemas de AVAC da UM, para a definição e gestão de consumíveis a ter em armazém.

Neste caso em particular, foram definidos numa primeira fase como consumíveis a ter em reserva:

- Filtros das unidades de tratamento de ar, ventiloconvectores e ventiladores de insuflação;
- Correias de transmissão de ventiladores.

Como a quantidade de consumíveis a reter em armazém é relativamente reduzida e os seus tempos de entrega são curtos, optou-se por uma política de gestão de aprovisionamento de quantidades máximas de existências em armazém para cada artigo. O ponto de encomenda foi definido através de quantidades de existências mínimas, igualmente definidas artigo a artigo.

Assim, quando as existências de um determinado consumível igualam o valor definido como ponto de encomenda (quantidade mínima de um artigo), emite-se a respetiva ordem de encomenda:

Quantidade a encomendar = Quantidade máxima – Quantidade mínima

Durante o trabalho de campo de inspeção a equipamentos e sistemas, deve ser efetuado o levantamento das características destes consumíveis. Mais tarde e em gabinete, estes elementos são organizados, catalogados e trabalhados no sentido de se tentar obter a maior uniformização possível, sem que seja comprometido o desempenho funcional dos equipamentos.

Esta funcionalidade já se encontra implementada no SGMCE.

4.4 As rotinas do PMP e os formulários de funcionamento

Para a elaboração das rotinas do plano de manutenção preventiva foi seguida a norma UNE 100004 IN, anteriormente referida no ponto 3.3.2. Este documento que foi uma das referências da ADENE na abordagem a este tema nos módulos de certificação relativos ao RSECE, compartimenta os componentes de uma instalação de AVAC por famílias.

Para cada uma dessas famílias estabelece rotinas de manutenção associadas a determinadas periodicidades.

Tabela 4.5: Rotinas de manutenção preventiva aplicáveis à família 18 de equipamentos AVAC – Bombas de circulação (UNE 100004 IN, 2006)

Intervenções da manutenção preventiva	Periodicidade em meses			
	1	3	6	12
Inspeção de corrosões exteriores e estado geral do corpo, veio e parafusos. Limpeza e desoxidação se necessário				X
Inspeção do estado da pintura e revisão caso necessário				X
Verificação do estado das ligações com as tubagens e com os coletores. Eliminação de oxidações				X
Verificação do estado dos acoplamentos elásticos antivibráticos, verificação do grau de endurecimento e substituição quando necessário				X
Verificação do estado dos isolamentos térmicos, proteções exteriores e reparação se necessário				X
Inspeção do estado geral da estrutura em bombas de bancada e dos suportes antivibráticos. Limpeza da bancada e substituição dos suportes se necessário				X
Verificação do aperto dos parafusos de fixação à estrutura				X
Inspeção do estado da suportagem das bombas em linha e reparação ou reforço se necessário				X
Inspeção do nível de óleo no cárter em bombas de bancada. Reposição de óleo se necessário		X		
Inspeção do acoplamento do eixo motor-bomba. Substituição dos elementos de arrasto se necessário		X		
Verificação do alinhamento do eixo motor-bomba e ajuste se necessário				X
Verificação da inexistência de perdas ou de gotas de água nos empanques mecânicos		X		
Verificação e ajuste do gotejamento em empanques de vedação. Mudança do cordão grafitado quando necessário		X		
Inspeção do tabuleiro de recolha de água para refrigeração dos empanques. Limpeza dos tabuleiros de recolha e das canalizações de drenagem		X		
Inspeção de fugas de água por juntas e reaperto ou substituição de juntas se necessário	X			
Verificação da inexistência de ruídos ou vibrações anómalas durante o funcionamento	X			
Verificação de ruídos originados por cavitação durante o funcionamento. Verificação das pressões de trabalho	X			
Inspeção de folgas e desgastes em veios, mancais e rolamentos		X		
Verificação das ranhuras e dos encaixes dos veios. Verificação de folgas. Apertos e substituição se necessário				X
Inspeção de aquecimentos anormais em vedantes e mancais		X		
Inspeção dos dispositivos de refrigeração em vedantes e mancais				X
Verificação do aperto das ligações elétricas aos bornes do motor				X
Inspeção do estado do ventilador de refrigeração do motor. Verificação da inexistência de contactos com a carcaça e substituição do ventilador em caso de se observar um movimento excêntrico				X
Inspeção de ligações e linhas de terra dos motores. Reaperto de ligações		X		
Inspeção do arrancador do motor: contactores, relés de manobra de proteção e magneto térmicos. Substituição dos contactos dos contactores e afinação dos relés magneto térmicos quando necessário		X		
Verificação do estado e do funcionamento dos encravamentos elétricos entre bombas e outros equipamentos			X	
Registo dos dados de tensão e de consumo nos bornes do motor e comparação com os valores nominais				X
Registo dos dados das condições de funcionamento e comparação com os nominais de projeto.				X

A Tabela 4.5 pretende ilustrar o exposto, exibindo as rotinas de manutenção preventiva

aplicáveis à família 18 de equipamentos AVAC – Bombas de circulação.

A lista de rotinas que consta na referida norma é bastante completa e detalhada, indo bastante além do que é vulgar encontrar nos procedimentos das empresas de manutenção dos sistemas de AVAC. Este cuidado e detalhe tem obviamente um custo associado mais elevado.

Como o preço é cada vez mais um fator competitivo, por vezes o único fator em que se baseia a opção por um determinado fornecedor, não é de estranhar que as rotinas de manutenção encontradas nos clientes das empresas que prestam estes serviços sejam bastante diferenciadas e minimalistas. Estas rotinas são por norma elaboradas de acordo com o entendimento de cada técnico de manutenção, sem nunca perder de vista o fator preço.

Em várias instituições, a consulta ao mercado e a tomada de decisão é efetuada via departamentos de compras, por pessoas que não têm conhecimento para analisar as propostas do ponto de vista técnico e que baseiam a sua decisão apenas em fatores financeiros.

De forma a tornar este processo mais transparente e justo quer para quem presta serviços de manutenção, quer para quem os consome, deveria ser criada legislação ou norma nacional específica para este efeito. Essa documentação deveria listar as rotinas genéricas mínimas a aplicar a cada família de equipamentos, sem limitar as necessidades específicas adicionais de cada fabricante.

Torna-se pois essencial assegurar o funcionamento de determinados serviços ou sistemas de AVAC dentro de parâmetros considerados fundamentais do ponto de vista de conforto térmico, qualidade do ar interior, segurança, durabilidade e eficiência energética dos equipamentos. Por outro lado, impor uma extensa listagem de condições técnicas idênticas para todos os estados membros da União Europeia, independentemente da situação económica de cada um, pode conduzir ao descrédito e ao cumprimento legislativo, nos estados com menores recursos.

A opção escolhida para a UM, foi seguir as rotinas previstas na [UNE 100004 IN \(2006\)](#), bastante exigentes, partindo do pressuposto que será mais simples eliminar tarefas de uma base de dados existente do que adicioná-las. A restrição orçamental anual alocada à manutenção ditará a existência e a profundidade desses cortes.

Para além da listagem de rotinas, importa definir os cuidados relativos à segurança dos técnicos de manutenção bem como os cuidados ambientais.

No âmbito dos cuidados de segurança, os técnicos deverão utilizar os equipamentos de proteção individual adequados às tarefas a realizar como botas, capacetes, luvas de trabalho ou isolantes, óculos ou viseiras, tapetes isolantes, máscaras respiratórias de proteção contra partículas gases ou vapores, arnês de segurança e linhas de vida. Quando por exem-

plu realizarem soldaduras ou utilizarem rebarbadoras deverão providenciar a existência de um extintor por perto. Outro cuidado essencial durante as operações de manutenção nos equipamentos é o acionamento dos cortes locais de alimentação aos equipamentos. Na ausência destes, deve ser sinalizado através de sinalética adequada, a proibição de mexer nos quadros elétricos que alimentam os equipamentos intervencionados sob pena de acidentes graves acontecerem.

Em termos de cuidados ambientais deve ser assegurado que óleos ou fluidos frigorigéneos são manuseados e eliminados de acordo com a legislação ambiental existente. Os resíduos provenientes das operações de limpeza devem ser concentrados, recolhidos e guardados em sacos ou em embalagens adequadas para que possam ser transportados em segurança até ao local de receção e tratamento adequado.

Relativamente à aferição do desempenho e das condições de funcionamento dos equipamentos, foi também seguido o preconizado na norma anteriormente referida. A Tabela 4.6 ilustra o formulário utilizado para registo dos dados de funcionamento aplicável à família 18 de equipamentos AVAC – Bombas de circulação.

Tabela 4.6: Formulário utilizado para registo dos dados de funcionamento aplicável à família 18 de equipamentos AVAC – Bombas de circulação (UNE 100004 IN, 2006)

FAMÍLIA 18 - Bombas de circulação**Ficha técnica**

Fabricante:

Ano de fabrico:

Modelo:

Número de série:

Identificação na instalação:

Local de instalação:

Tipo de montagem:

Tipo de rotor:

Tipo de empanque:

Fluido impulsionado:

Tipo e diâmetro do rotor (mm):

Tipo de acoplamento motor-bomba:

Alimentação elétrica (V):

Consumo (A):

Potência (kW):

Formulário para dados de funcionamento

Bombas circuladoras	Nominal	Atual
Caudal	l/s	l/s
Pressão de impulsão	kPa	kPa
NPSH	kPa	kPa
Rendimento sobre a curva	%	%
Temperatura do fluido transportado	°C	°C
Potência térmica média transportada	kW	kW
Potência do motor	kW	kW
Velocidade de rotação nominal	rpm	rpm
Número de velocidades do motor		
Tensão entre fases na alimentação	__/__/__ V	__/__/__ V
Consumo elétrico do motor	__/__/__ A	__/__/__ A
Desequilíbrio de consumo entre fases	%	%
Potência elétrica total absorvida	kW	kW
Pressão manométrica na aspiração	kPa	kPa
Pressão manométrica na descarga	kPa	kPa
Fator de transporte calculado	kW / KW	kW / KW

Capítulo 5

O Sistema de gestão da manutenção

5.1 Ferramentas informáticas utilizadas

Para a implementação do SGMCE, recorreu-se essencialmente a plataformas informáticas de código aberto, bastante utilizadas em ambientes académicos, evitando o recurso licenças comerciais com custos associados. Estas ferramentas facilitam também a atualização e futuras expansões do sistema.

As linguagens de programação utilizadas na conceção do SGMCE foram *PHP*, *HTML*, e *HTML5*. Para a configuração e dinâmica das páginas da aplicação, recorreu-se ao pacote *CSS/JavaScript/jQuery*. A base de dados do SGMCE foi estruturada em *MySQL*.

Para alojamento e armazenamento de todo o código desenvolvido recorreu-se ao *WampServer*. Este servidor de rede disponibiliza a aplicação aos utilizadores, permitindo-os interagir com ela.

5.2 A visão na génese do sistema de gestão da manutenção

Após o exposto nos capítulos anteriores, torna-se claro a necessidade de uma ferramenta informática que auxilie a sistematização e a operacionalidade da atividade de manutenção.

[Cabral \(2009\)](#), descreve as oportunidades e ameaças que um sistema de gestão da manutenção pode proporcionar:

Oportunidades:

- Vulgarização da utilização de conceitos atualizados de manutenção e de gestão;

- A empresa adquirir conhecimentos e assumir a sua informação técnica, que deixa de estar em algumas cabeças para ficar sistematizada e disponível, para quem dela precisar e para formar os novos;
- Contar com o próprio processo de implementação para introduzir melhorias na organização;
- Produção automática de relatórios e indicadores de manutenção relevantes para a gestão global da organização;
- Aumento da produtividade.

Ameaças:

- *Parece mas não é*: o aspeto profissional com que a informação de manutenção é apresentada pode esconder alguma fragilidade de conteúdos;
- *Excesso de zelo*: preparar muitos planos de manutenção e especificar periodicidades muito exigentes pode exceder as capacidades de realização da empresa e descredibilizar o sistema;
- *Motivação*: risco de afastamento dos que sabem mais de manutenção em favor dos que mexem melhor no programa;
- *Burocracia*: risco de absorção dos técnicos em tarefas administrativas em favor do que sabem fazer melhor.

A opção por uma ferramenta concebida e desenvolvida no interior da instituição e à sua medida, permite eliminar a maioria destas ameaças.

No presente caso, o aspeto gráfico eleito foi minimalista e muito pragmático, sem recurso a submenus intermináveis. A navegação pela aplicação é intuitiva e os conteúdos do sistema são rapidamente expostos. Qualquer futura alteração ou opção adicional será de implementação relativamente simples.

Os técnicos de manutenção apenas interferem no sistema através da ordem de trabalho que lhes é disponibilizada. Confirmam a execução de tarefas, registam tempos de intervenção, consumíveis utilizados e observações relativas ao estado final em que deixaram o equipamento. Fazem-no através de um formulário eletrónico com uma forte componente de *check-lists*. Desta forma continuam a fazer o que melhor sabem, mas com o auxílio de uma ferramenta que permite verificar todos os pontos da intervenção a realizar, de manuseio simples e rápido.

Ao administrador do sistema cabe reunir e organizar toda a informação possível relativa ao edifício, suas infraestruturas e rotinas de manutenção, de forma a ser carregada na aplicação. É um trabalho significativo, mas que teria de ser realizado mesmo sem o recurso a

uma ferramenta informática.

Deverá posteriormente trabalhar no intuito de manter essa informação atualizada. A ele cabe também fazer a gestão dos fornecedores, técnicos e consumíveis, emitir e encerrar as ordens de trabalho após a sua verificação e emitir relatórios de manutenção, entre outras tarefas abordadas mais adiante nesta tese.

Na idealização do sistema de gestão da manutenção que está a ser implementado, foi prevista a capacidade de gestão dos processos de manutenção das diferentes infraestruturas dos distintos edifícios da UM, tenham eles um cariz preventivo, corretivo ou de melhoria.

Para tal, o sistema permitirá a organização, o acesso e a gestão de toda a informação em suporte digital. Listam-se de seguida os conteúdos informativos relativos às infraestruturas de AVAC a gerir:

- Informação genérica relativa a cada edifício;
- Procedimentos de emergência;
- Legislação aplicável;
- Certificados;
- Auditorias;
- Peças escritas e desenhadas dos projetos;
- Telas finais;
- Instruções de funcionamento da instalação;
- Catálogos e manuais de equipamentos;
- Fichas técnicas dos equipamentos;
- Fichas técnicas e de segurança dos produtos utilizados na manutenção;
- Rotinas de manutenção preventiva para cada equipamento incluindo o seu grau de execução;
- Procedimentos específicos de manutenção;
- Histórico de intervenções de manutenção por equipamento;
- Inspeções de funcionamento;
- Ordens de trabalho;

- Livro de ocorrências dos edifícios.

Permitirá ainda a gestão de contratos de fornecedores, dos técnicos afetos à manutenção, de consumíveis em *stock*, e da validade de certificados energéticos dos edifícios, de inspeção a equipamentos, ou de calibração de instrumentos.

Na programação do SGMCE foram também previstos alertas para rotinas de manutenção em atraso e para contratos de manutenção ou certificados com datas de validade a expirar. Todas estas funcionalidades serão detalhadas nos pontos seguintes do presente capítulo.

Importa referir ainda a operacionalidade do sistema de gestão do ponto de vista dos técnicos no terreno, uma das valias desta ferramenta informática.

Assim a identificação dos diversos equipamentos está prevista ser efetuada com recurso a codificação do tipo *QR Code* (Figura 5.1). De uso isento de licenças, distingue-se do formato mais conhecido do código de barras, pela maior agilidade de leitura e capacidade de armazenamento de informação.



Figura 5.1: *QR Code*

Através de um *smartphone* ou de um *tablet* e tirando partido da ampla cobertura da rede *Wi-Fi eduroam* existente nos diversos edifícios da UM, será possível aceder a toda a informação elencada anteriormente.

Os responsáveis pela manutenção, sempre que necessitem de um manual de um equipamento, de uma planta da instalação ou de consultar informação relativa ao histórico de manutenções de uma determinada máquina, têm toda a informação disponível em poucos segundos num *tablet*. Desta forma evitarão viagens entre os equipamentos e o gabinete para procurar o manual certo, otimizando os tempos de intervenção técnica.

Por seu turno as ordens de trabalho para um determinado equipamento, após emitidas e atribuídas a um determinado técnico, irão ser disponibilizadas para o *QR Code* desse equipamento. O técnico que vai realizar a intervenção, após registar-se no SGMCE e efetuar a leitura do código afixado no equipamento, terá acesso à ordem de trabalho que lhe foi atribuída. Num formato muito interativo e simplista terá acesso a todas as tarefas a realizar, confirmando uma a uma a sua execução, registando tempos e materiais consumidos, bem como observações complementares.

5.3 O livro de ocorrências

A criação de um livro de ocorrências para as instalações mecânicas de AVAC, para além de ser uma obrigação legal prevista no DL 118/2013 e na Portaria nº 349-A/2013, é uma ferramenta de trabalho fundamental na manutenção dos sistemas em edifícios. Funciona como um diário de bordo que reunirá todo o histórico dos eventos relacionados com a manutenção e o funcionamento da instalação. Nele serão registadas:

- Todas as intervenções de manutenção independentemente do seu carácter nos sistemas e seus equipamentos;
- As remodelações realizadas nos sistemas;
- A substituição dos equipamentos;
- A realização de inspeções;
- Auditorias energéticas ou da qualidade ao ar interior;
- Processos de certificação energética.

Estes registos serão acompanhados de uma descrição do trabalho efetuado e do técnico ou técnicos responsáveis pela sua execução.

O desenho do SGMCE prevê um preenchimento o mais automatizado possível deste “livro”, em suporte digital, a partir dos registos das diversas ordens de trabalho emitidas pelo SGMCE.

5.4 O mapa de processos das ordens de trabalho

A Figura 5.2 pretende ilustrar o mapa de processos das ordens de trabalho, OTs, no âmbito das operações de manutenção sob alçada dos STEC. Os índices numéricos empregues na identificação de cada uma das etapas, servirão para um melhor enquadramento na descrição que se segue deste processo.

Um dos administradores do SGMCE (1), função que por norma atribuída aos gestores da manutenção das diversas infraestruturas dos edifícios da UM, inicia (2) o processo de abertura / emissão de uma ordem de trabalho, OT. Fáz-lo a partir da ficha técnica do equipamento, no módulo de Manutenção do SGMCE, procedimento detalhado no ponto seguinte desta tese.

A OT, contendo informação técnica relativa aos procedimentos a executar num determinado equipamento de um edifício, é enviada ao fornecedor designado para efetuar o serviço (3). O fornecedor analisa o documento e submete aos STEC para aprovação, o técnico ou

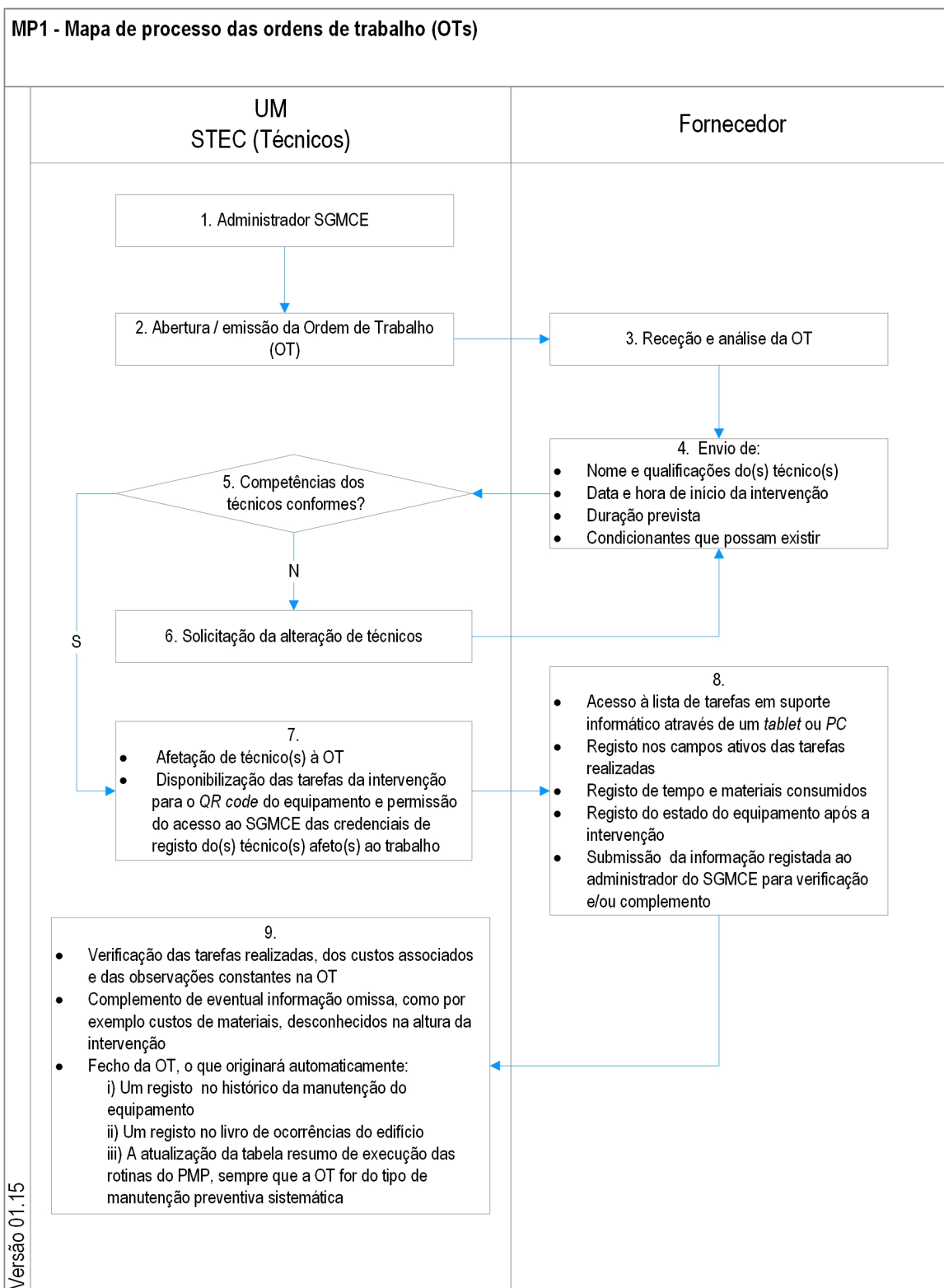


Figura 5.2: Mapa de processos das ordens de trabalho

técnicos designados, as suas qualificações profissionais, a data e hora previstos para o início da intervenção e a duração prevista, fazendo também referência a eventuais condicionantes (4).

O administrador analisa as competências do(s) técnico(s) designado(s) para a OT emitida (5). Se as qualificações profissionais não forem as adequadas, solicita que o fornecedor designe outro(s) técnico(s) (6).

Caso as qualificações do(s) técnico(s) esteja(m) conforme(s), o administrador procede à sua afetação à OT, a partir de uma caixa de listagem que surge com o nome e qualificação dos técnicos já registados. Sempre que seja proposto um novo técnico, deverá proceder-se ao seu registo prévio, para que seja listado no processo de seleção.

O SGMCE disponibiliza então de forma automática as tarefas da intervenção para o *QR Code* do equipamento. O técnico ou técnicos deslocam-se ao equipamento referenciado na OT e através da leitura do seu *QR Code* ficam com permissão para efetuar registos na OT e para acesso aos manuais e ficha técnica do equipamento (7).

No local da intervenção cada técnico acede à descrição ou à listagem do trabalho a realizar no equipamento. Confirma as tarefas realizadas, regista o tempo gasto, materiais consumidos e outras observações pertinentes, fazendo referência obrigatória ao estado final em que o equipamento foi deixado. Após estas operações submete informaticamente a OT ao administrador, para verificação ou complemento de informação não disponível na altura (8).

O administrador verifica a correta execução da intervenção técnica e complementa qualquer informação omissa, como por exemplo custos de materiais a que o técnico não tenha tido acesso na altura do registo. Após estas ações encerra a OT. Esta operação efetua registos automáticos no histórico da manutenção do equipamento, no livro de ocorrências e na tabela síntese do grau de execução das OTs de manutenção preventiva sistemática, conforme detalhado mais adiante nesta tese (9).

5.5 A codificação utilizada no sistema de gestão

5.5.1 A codificação utilizada para os equipamentos da infraestrutura AVAC

Idealmente um sistema de codificação deve ser estruturado de forma sintética e lógica, permitindo uma rápida identificação dos elementos inseridos na base de dados. Para tal, a referência a empregar deve recorrer a eventuais codificações em uso na organização, que frequentemente são empregues nas tarefas diárias e que consequentemente estão rotinadas.

O objetivo fundamental do SGMCE é a gestão da manutenção dos equipamentos que integram cada uma das infraestruturas de cada edifício - a unidade elementar do sistema é pois o equipamento.

A Figura 5.3 pretende ilustrar os diversos domínios tidos em consideração na sistematização da codificação criada para os equipamentos da infraestrutura AVAC.

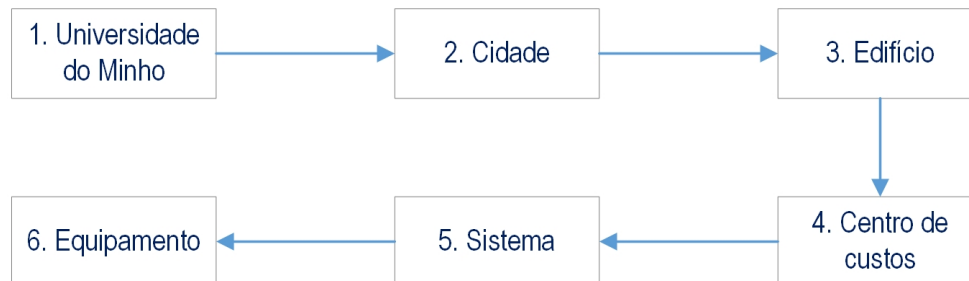


Figura 5.3: Domínios considerados na sistematização da codificação dos equipamentos AVAC

As Tabelas 5.1 e 5.2 que se seguem, ilustram a título exemplificativo as codificações das cidades onde estão instalados os edifícios da UM, bem como dos edifícios localizados em Guimarães e cuja manutenção está a cargo dos STEC.

Tabela 5.1: Codificação utilizada para as cidades onde a UM tem edificações

Código	Cidade
GM	Guimarães
BR	Braga

Tabela 5.2: Codificação utilizada para os edifícios geridos pelos STEC localizados em Guimarães

Código	Edifício
A1F	Corpo A da Escola de Engenharia, 1ª Fase
B1F	Corpo B da Escola de Engenharia, 1ª Fase
C1F	Corpo C da Escola de Engenharia, 1ª Fase
A2F	Corpo A da Escola de Engenharia, 2ª Fase
B2F	Corpo B da Escola de Engenharia, 2ª Fase
C2F	Corpo C da Escola de Engenharia, 2ª Fase
ESC	Escola de Ciências
ESE	Escola de Engenharia
ESA	Escola de Arquitetura
PA3	Pavilhão 3
PA4	Pavilhão 4
COU	Centro Avançado de Formação Pós-Graduada (Couros)

A Tabela 5.3 lista alguns dos centros de custos que poderão ser parametrizados em função das necessidades que o controlo de gestão da UM venha a definir.

Tabela 5.3: Codificação utilizada para os centro de custos - exemplos

Código	Centro de Custos
DEM	Departamento de Engenharia Mecânica
DEC	Departamento de Engenharia Civil
DET	Departamento de Engenharia Têxtil

Por seu turno, a Tabela 5.4 cataloga a codificação empregue para os diversos tipos de equipamentos que integram a infraestrutura AVAC e que estão presentes nos edifícios da UM, no *campus* de Azurém.

Tabela 5.4: Codificação utilizada para os equipamentos de AVAC no *campus* de Azurém

Código	Equipamento
CAL	Caldeira
CHI	<i>Chiller</i>
UTA	Unidade de tratamento de ar
UTV	Unidade de termo ventilação
UCA	Unidade de climatização autónoma de expansão direta
UVR	Unidade de ventilação com recuperação
CCT	Unidade de <i>close-control</i>
ARC	Aparelho de ar condicionado do tipo <i>split</i> de expansão direta (incluindo os <i>VRV</i>)
VCO	Ventiloconvetor
RAD	Radiador
PCP	Permutador de calor de placas
VEE	Ventilador de extração
VEI	Ventilador de insuflação
BCF	Bomba circuladora de água fria
BCQ	Bomba circuladora de água quente
BTF	Bomba circuladora de termofluido
BDO	Bomba doseadora
PST	Painel solar térmico
TAC	Termoacumulador (água quente sanitária, volantes de inércia)
BGE	Banco de gelo
VEX	Vaso de expansão

Conforme referido no ponto 4.4 desta tese, os equipamentos AVAC estão agrupados em famílias cuja designação e codificação se baseia na norma UNE 100004 IN. Este documento foi uma das referências da ADENE, nos módulos de certificação RSECE, na abordagem ao tema da manutenção preventiva.

A Tabela 5.5 lista a codificação empregue para as famílias dos equipamentos e sistemas AVAC, presentes nos edifícios da UM, no *campus* de Azurém e baseada na referida norma.

Tabela 5.5: Codificação utilizada para as famílias de equipamentos AVAC no *campus* de Azurém

N.º	Família de equipamentos / sistemas
3	Gerador de calor p/ água ou termofluido quente ou p/ vapor c/ combustíveis gasosos
4	Sistemas de captação térmica solar
5	Sistemas de produção de AQS - água quente sanitária
6	Unidade de produção água arrefecida / aquecida (compressão mecânica)
9	Unidades autónomas de condicionamento de ar
10	Sistemas autónomos de caudal de refrigerante variável (<i>VRV</i>)
11	Unidades de tratamento de ar
12	Filtros de ar
13	Recuperadores de calor ar-ar
16	Baterias de tratamento de ar
17	Unidades de ventilação e extração
18	Bombas de circulação
19	Conduitas de ar, elementos de difusão e acessórios
20	Redes hidráulicas, componentes e acessórios
21	Permutadores de calor água-água
22_1	Unidades terminais de climatização - ventilosconvectores e cortinas de ar
22_4	Unidades terminais de climatização - radiadores e convectores
22_5	Unidades terminais de climatização - pavimentos e tetos radiantes
23	Sistemas e equipamentos de regulação e controlo
24	Quadros elétricos e redes elétricas de distribuição

A codificação utilizada para a identificação de cada equipamento ou sistema no SGMCE, incorpora parte desta informação, complementada com o registo do piso e do número de ordem do equipamento dentro de cada família, nesse piso.

A Figura 5.4 pretende ilustrar o esquema da codificação detalhada para cada equipamento da infraestrutura AVAC registado no SGMCE.

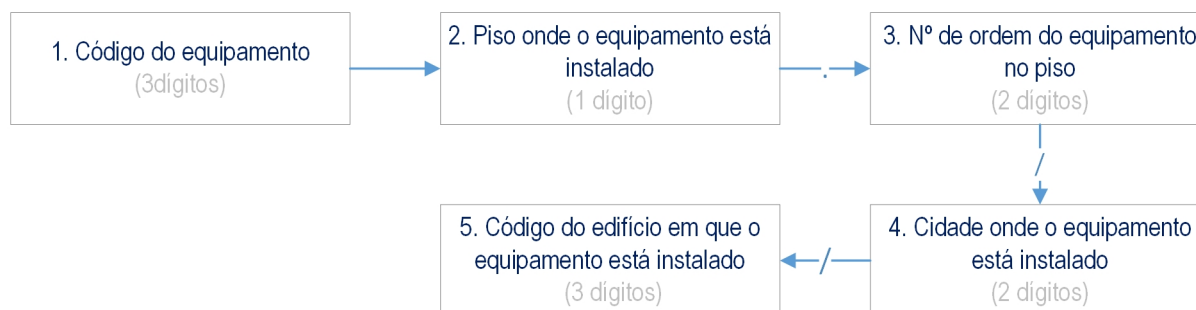


Figura 5.4: Esquema da matriz de codificação dos equipamentos AVAC

Assim e por exemplo para referenciar um radiador, RAD, que está instalado no 1º piso do corpo C, do edifício de Engenharia da 1ª fase, em Guimarães e em que 10 é o seu número de ordem nesse piso, a codificação surge como:

RAD 1.10/GM/C1F

Para não tornar a codificação demasiado extensa, não foram incluídas as referências à família, ao sistema ou ao centro de custos a que o equipamento está associado. A codificação permite a rápida e completa identificação de cada equipamento, com o recurso à informação estritamente necessária.

Na aplicação informática, será possível listar equipamentos recorrendo a filtros de cidade, edifício, família, sistema ou centro de custos a que pertencem.

5.5.2 A codificação utilizada nas ordens de trabalho

A Figura 5.5 pretende ilustrar o esquema da codificação empregue para as ordens de trabalho.

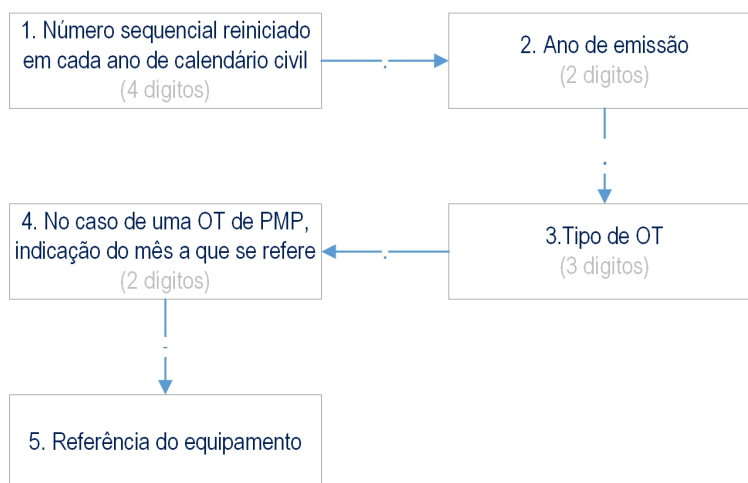


Figura 5.5: Esquema da matriz de codificação das ordens de trabalho

As ordens de trabalho por sua vez estão codificadas de acordo com a sua natureza, conforme ilustrado na Tabela 5.6.

Tabela 5.6: Codificação utilizada para as distintas tipologias das ordens de trabalho

Código	Tipologia da ordem de trabalho (OT)
PMP	Manutenção preventiva sistemática
MPC	Manutenção preventiva condicionada
MCI	Manutenção corretiva - Avaria intrínseca
MCE	Manutenção corretiva - Avaria extrínseca
MBN	Manutenção de beneficiação
RDF	Registo de dados de funcionamento

Assim, a referência da primeira ordem de trabalho de 2015, realizada no âmbito do PMP, relativa ao mês de janeiro de 2015, ao radiador utilizado no exemplo anterior, surgiria como:

0001.15.PMP.01 - RAD 1.10/GM/C1F

No caso de esta intervenção ser de carácter corretivo, motivada por avaria intrínseca do equipamento, a referência da ordem de trabalho seria:

0001.15.MCI - RAD 1.10/GM/C1F

5.5.3 A codificação utilizada nas categorias profissionais dos técnicos de manutenção AVAC

A codificação utilizada para as categorias profissionais dos técnicos de manutenção da infraestrutura AVAC, está listada na Tabela 5.7.

Tabela 5.7: Codificação utilizada para as categorias profissionais

Categoria profissional	Designação
ENGE	Engenheiro
OFCO	Oficial condutas
OFTB	Oficial tubagens
AJUD	Ajudante
TIM2	Técnico de instalação e manutenção, nível 2
TIM3	Técnico de instalação e manutenção, nível 3
TGF1	Técnico gases fluorados com efeito de estufa - Categoria 1
TGF2	Técnico gases fluorados com efeito de estufa - Categoria 2
TGOA	Técnico gases empobrecedores camada de ozono - Grupo A
TGOB	Técnico gases empobrecedores camada de ozono - Grupo B

Esta codificação, associada ao nome do respetivo técnico, é um dos registos obrigatórios que constam das ordens de trabalho, cumprindo com o estabelecido no mapa de processos de manutenção, que se encontra ilustrado na página 86.

5.5.4 A codificação utilizada na gestão dos consumíveis a reter nos armazéns da UM

Seguindo as recomendações de Cabral (2009), a codificação das famílias de consumíveis que vão ser geridos pela UM, foi inicialmente estabelecida numa sequência numérica de dez em dez. Desta forma prevê-se uma margem intercalar significativa para a adição de futuras famílias numa sequência lógica de seriação.

A Tabela 5.8 retrata o exposto. O código utilizado para cada artigo tem o seguinte formato:

especialidade.n° da família.n° do artigo na família.descrição.subfamília.dimensões

Exemplo para o primeiro filtro de ar, do tipo G3 (subfamília), com as dimensões de 1200x1000 mm: AVAC.010.001.Filtro de ar.G3.1200x1000

Exemplo para a primeira correia de transmissão inserida no sistema, do tipo SPA (subfamília), com a dimensão 1250 Lw: AVAC.020.001.Correia de transmissão.SPA.1250 Lw

Tabela 5.8: Codificação utilizada para as famílias de consumíveis

Código	Família de consumíveis
010	Filtros de ar
020	Correias de transmissão
030	Polias
040	Válvulas
050	Purgadores de ar
060	Tubagem e acessórios
070	Vedantes
080	Sensores e atuadores
090	Manómetros e termómetros
100	Isolamentos e adesivos
110	Fixação e suportagem
120	Lubrificantes e gases
130	Limpeza e desinfeção
140	Equipamento de proteção
150	Temporários

5.5.5 A codificação utilizada na gestão da instrumentação

Conforme descrito no ponto 5.6.4 desta tese, o SGMCE foi desenhado de forma a gerir o parque de instrumentos afetos a cada uma das diferentes infraestruturas. No caso do AVAC, os instrumentos a monitorizar são os utilizados nas operações correntes de manutenção, afinação ou inspeção a equipamentos ou sistemas AVAC.

Dada a natureza desta instrumentação e a função a que se destina, é importante assegurar periodicamente a sua aferição. Assim, a aplicação informática vai gerir a periodicidade e a validade dos seus certificados de calibração, gerando alertas sempre que se atinge um período de validade preestabelecido, caso a caso.

A Tabela 5.9 lista as famílias da diversa instrumentação associada ao AVAC que a UM detém.

Tabela 5.9: Codificação utilizada para as famílias de instrumentos

Código	Família de instrumentos
010	Aparelhos multifunções para escoamentos de ar
020	Aparelhos multifunções para escoamentos de água
030	Aparelhos para análise da qualidade do ar
040	Manómetros multifunções
050	Sensores para aferição de parâmetros do ar
060	Sensores para aferição de parâmetros da água
070	Sensores de temperatura e humidade de contacto
080	Aparelhos multifunções para medições elétricas
090	Aparelhos para deteção de fugas de gases
100	Aparelhos de termografia e termómetros de infravermelhos
110	Aparelhos de medição genéricos (paquímetros, lasers, metros)
120	Taquímetros
130	Luxímetros

O código utilizado para cada instrumento tem o seguinte formato:

especialidade.n° da família.n° do instrumento na família.descricao.marca.modelo

Exemplo para o primeiro aparelho multifunções para escoamento de ar introduzido no sistema, da marca Kimo, modelo VT 100: AVAC.010.001.Termoanemómetro.Kimo.VT100

5.6 A estrutura do sistema de gestão da manutenção

Este ponto pretende apresentar os moldes de conceção e o funcionamento do SGMCE. Após a sua leitura deverão ser claros os objetivos, as funcionalidades e as potencialidades da aplicação informática desenvolvida.

As Figuras 5.6 e 5.7 transmitem a imagem da estrutura modular do SGMCE. A base do seu funcionamento assenta em seis grandes blocos, dos quais os primeiros quatro estão em fase de desenvolvimento e implementação:

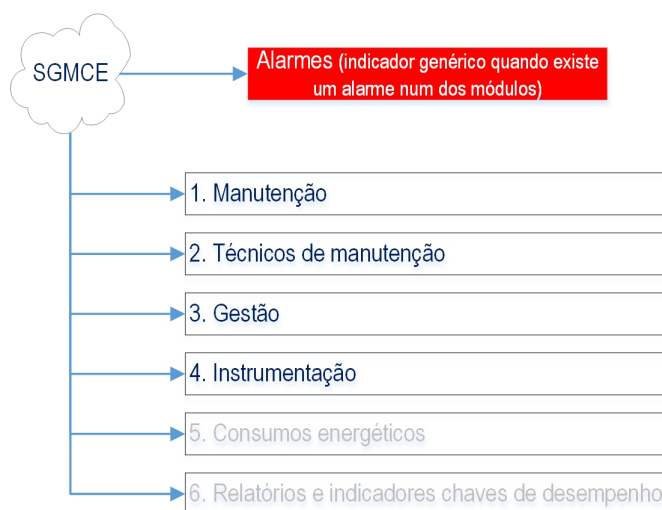


Figura 5.6: Esquema da estrutura modular do SGMCE



Figura 5.7: Captura de ecrã - página inicial do SGMCE

Três destes seis módulos estão significativamente interligados em termos estruturais, mais concretamente os que fazem a gestão das atividades correntes de manutenção: Manutenção, Técnicos de manutenção e Gestão.

O módulo da instrumentação funciona de modo mais autónomo, pois destina-se a gerir um conjunto de instrumentos e a validade dos respetivos certificados de calibração.

O módulo de Consumos energéticos conforme referido anteriormente nesta tese, será desenvolvido numa segunda fase de implementação do SGMCE. Fica no entanto registado o seu lugar na aplicação.

O módulo de Relatórios e indicadores chaves de desempenho será parametrizado em função dos elementos de gestão que se pretendam obter, quer em termos operacionais, quer em termos financeiros. Este módulo vai fazer uso da informação incluída nos restantes módulos, com a finalidade de obter rapidamente informação precisa sobre um determinado equipamento ou indicador de desempenho eleito pela gestão da instituição.

Na página inicial do SGMCE, e conforme pode ser observado na Figura 5.6, sempre que surja um alarme num dos módulos do programa, a sua ocorrência é assinalada.

Os pontos que se seguem procuram ilustrar e descrever a informação gerida por cada um destes módulos com maior detalhe. Não pretendem funcionar como um manual de utilização do SGMCE, documento que será redigido após a fase inicial de testes da aplicação ser concluída com sucesso.

De forma a manter a objetividade do discurso e o foco na transmissão do essencial das funcionalidades do programa, optou-se por introduzir algum minimalismo na descrição que se segue do seu funcionamento. Assim, apesar de ser muitas vezes referida apenas a seleção de um determinado edifício, localização, infraestrutura, família, equipamento ou fornecedor entre outros itens, existe a possibilidade paralela de efetuar a sua edição ou a adição de novos elementos ao grupo.

5.6.1 Módulo de Manutenção

Os módulos Manutenção, Gestão e Técnicos de manutenção são os mais importantes do SGMCE. As operações registadas e geridas por estes módulos são as que estiveram na base da conceção do programa.

O módulo de Manutenção tem duas grandes opções iniciais: Localização e Famílias e Rotinas - Figuras 5.8 e 5.9.

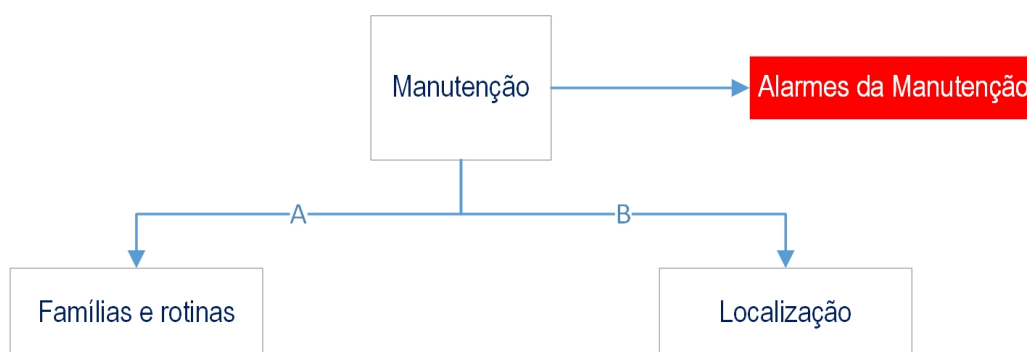


Figura 5.8: Opções iniciais do módulo de Manutenção

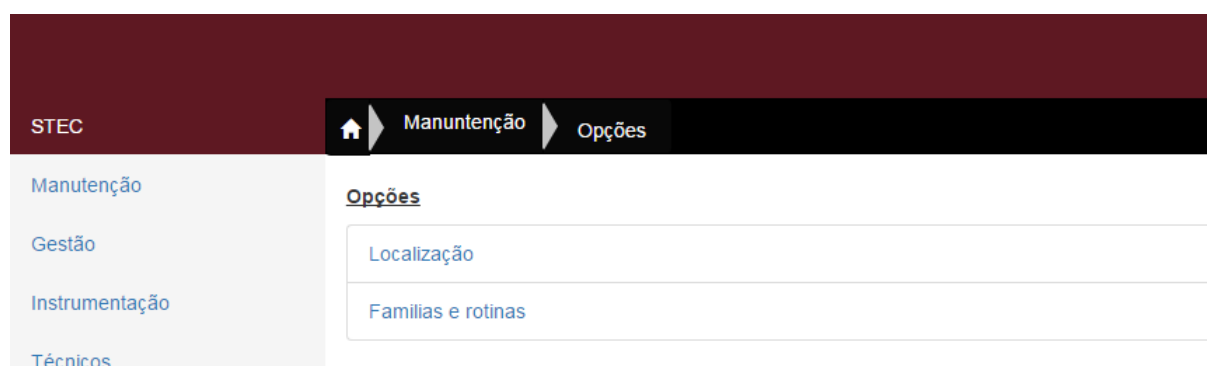
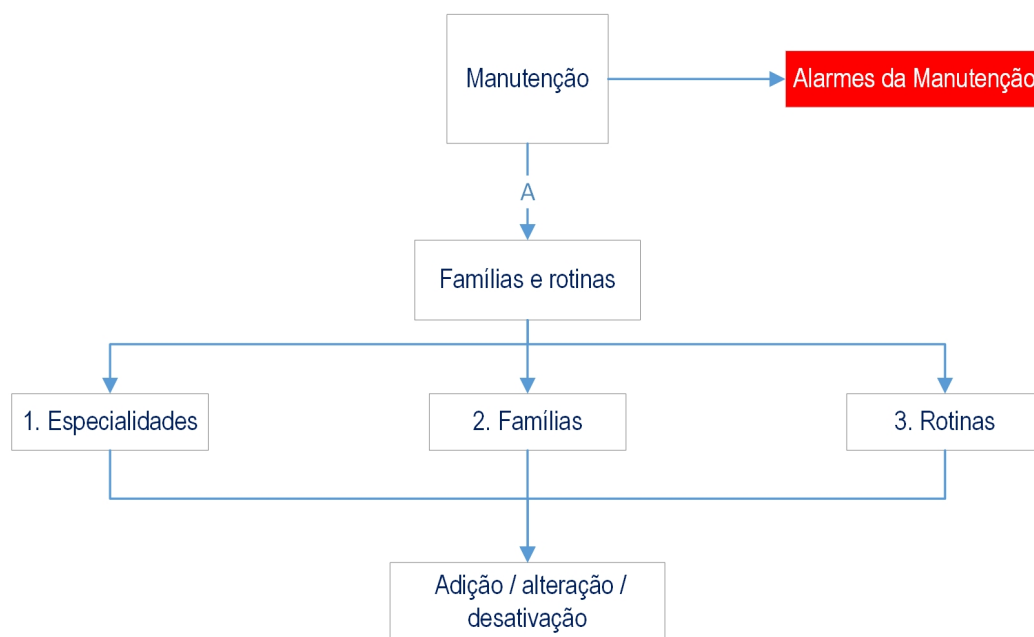
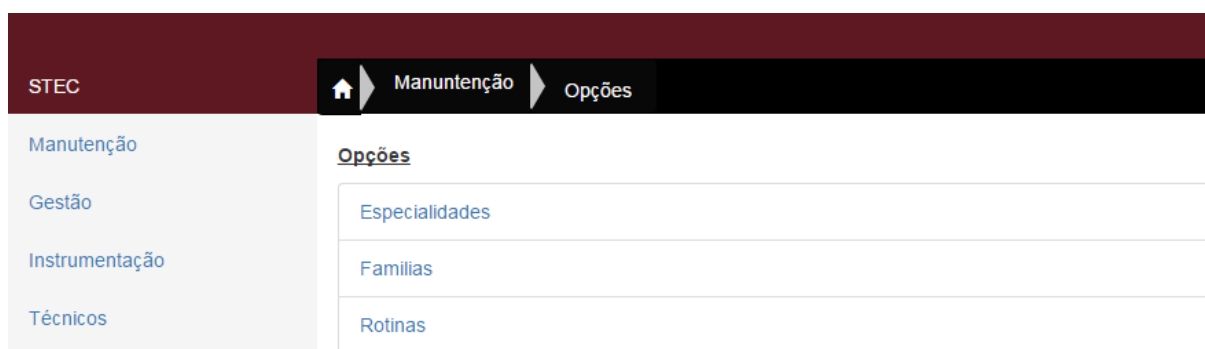


Figura 5.9: Captura de ecrã - opções iniciais do módulo de Manutenção

Na opção A - Famílias e rotinas - são inseridas as especialidades, as famílias de equipamentos e as rotinas de manutenção do PMP que serão posteriormente associadas a cada um dos diversos edifícios da UM - Figuras 5.10 a 5.14.

Figura 5.10: *Submenus* da opção famílias e rotinasFigura 5.11: Captura de ecrã - *submenus* da opção famílias e rotinas

Selecionando a opção Especialidades (referência 1 - Figura 5.10) surge um quadro que permite a adição de uma determinada infraestrutura à base de dados da aplicação. Esta infraestrutura ficará então disponível para uma futura associação a um dos edifícios que se insira na aplicação, sempre que aplicável - Figura 5.12.

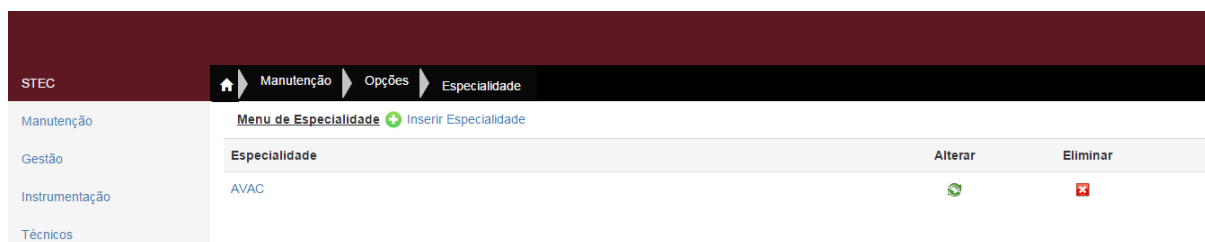


Figura 5.12: Captura de ecrã - *menu* especialidades da opção famílias e rotinas

A opção Famílias (referência 2 - Figura 5.10) permite a inserção das famílias de equipamentos associadas a uma determinada especialidade - Figura 5.13.

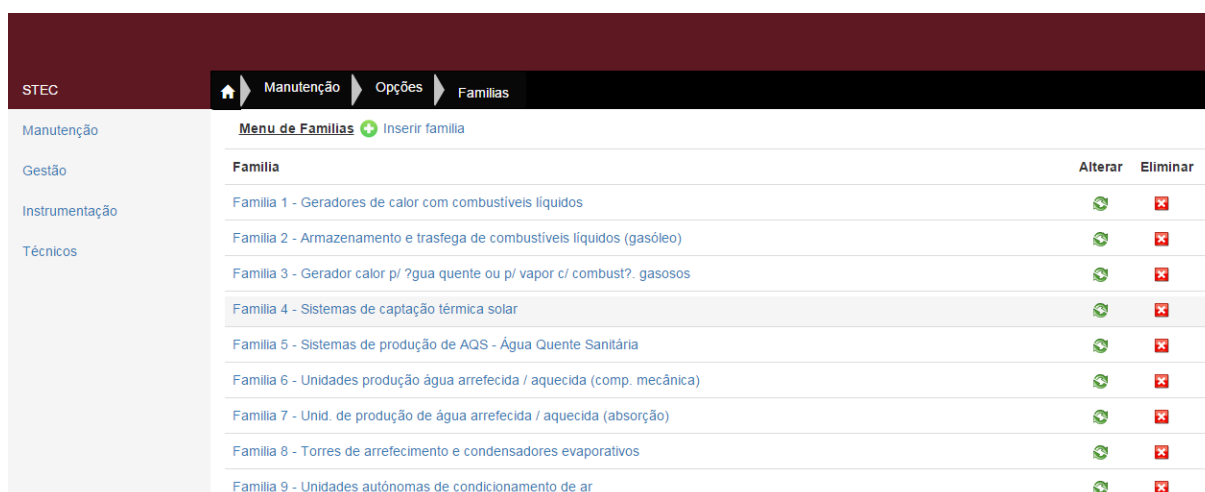


Figura 5.13: Captura de ecrã - *menu* famílias associadas à especialidade AVAC

A opção Rotinas (referência 3 - Figura 5.10) permite a inserção das rotinas associadas a uma determinada família de equipamentos - Figura 5.14.



Figura 5.14: Captura de ecrã - *menu* rotinas - rotinas parciais da família 17

Descrevem-se de seguida as funcionalidades do ramo B deste módulo (Figura 5.8), recorrendo às referências numéricas utilizadas no fluxograma da figura da página seguinte - Figura 5.15.

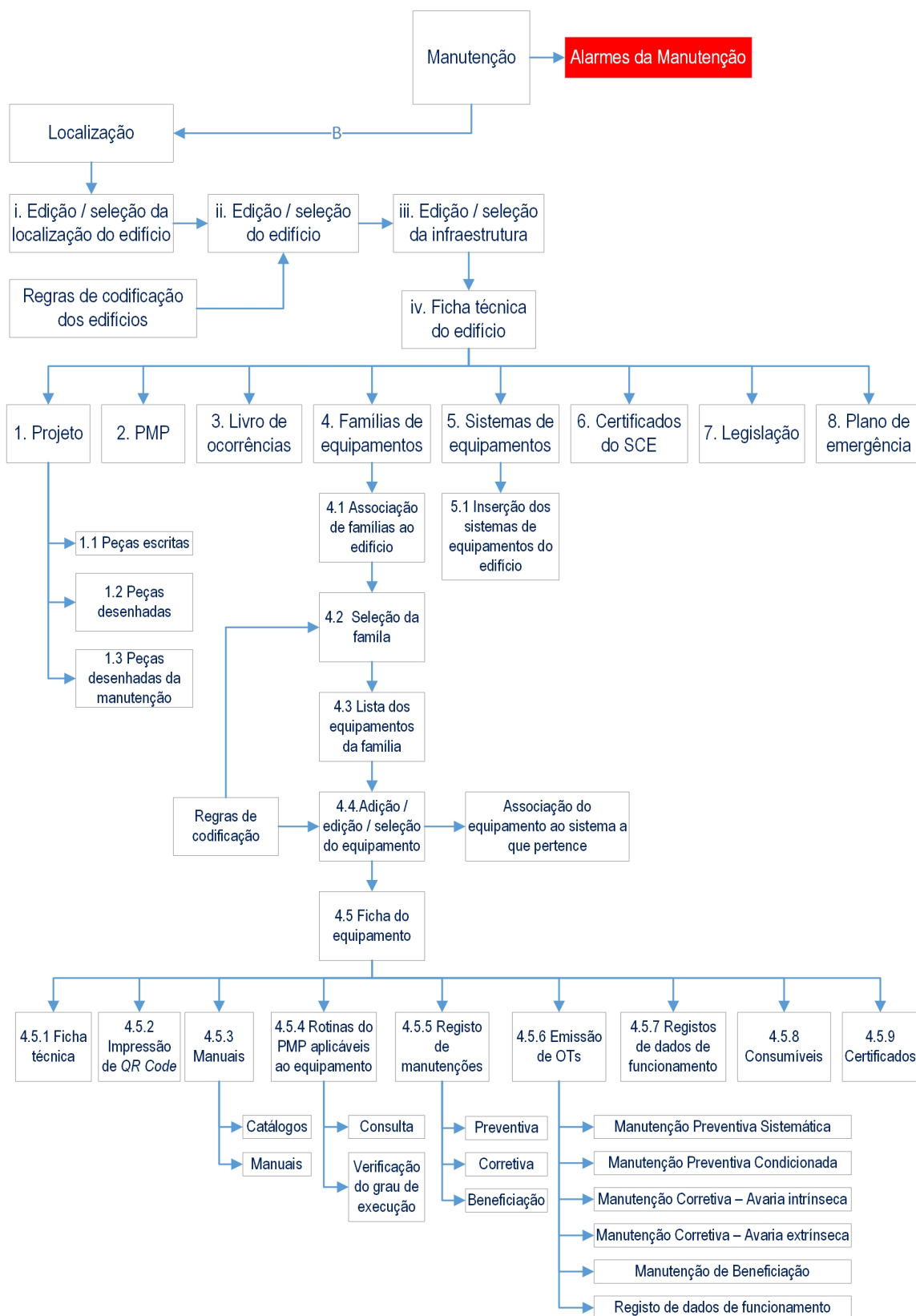


Figura 5.15: Opção famílias e rotinas - módulo de Manutenção

Pontos i, ii, iii e iv

Após selecionar o módulo de Manutenção na página inicial do SGMCE, o utilizador seleciona a localização (Figura 5.16), o edifício (Figura 5.17) e a infraestrutura que pretende associar ao edifício - Figura 5.18. Após estes passos, é apresentada a ficha técnica do edifício (Figura 5.19), que resume alguns dados genéricos do edifício e da especialidade selecionada, como áreas, número de utentes, anos de construção, equipa de projetistas, entre outros. A ficha técnica do edifício disponibiliza também acesso direto aos submenus descritos nos pontos seguintes.

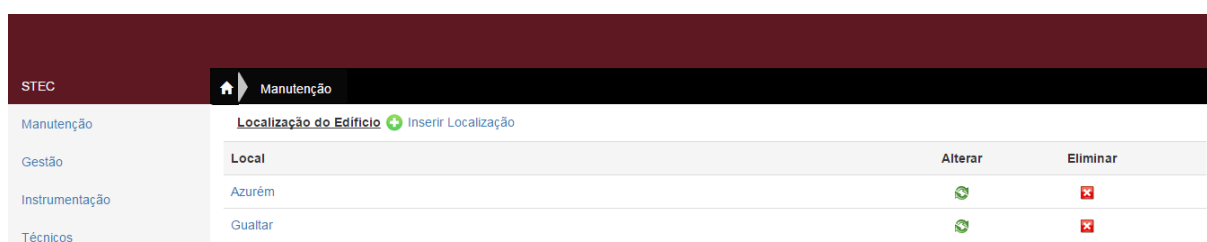


Figura 5.16: Captura de ecrã - *menu* localização do edifício

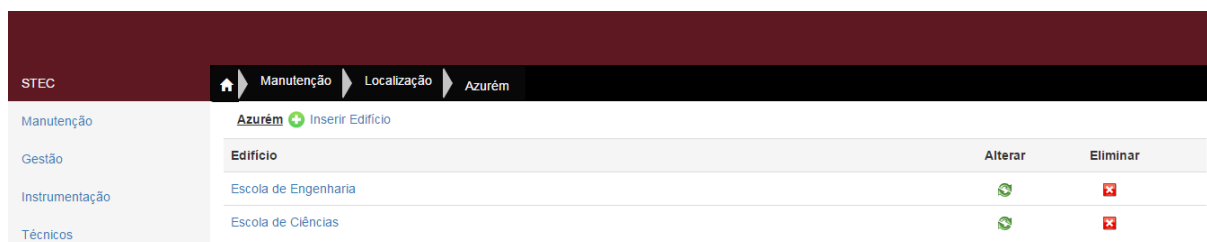


Figura 5.17: Captura de ecrã - *menu* seleção do edifício

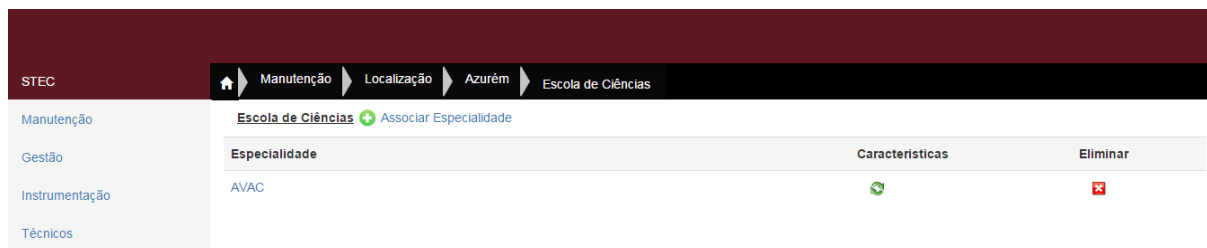


Figura 5.18: Captura de ecrã - *menu* associar especialidade a edifício

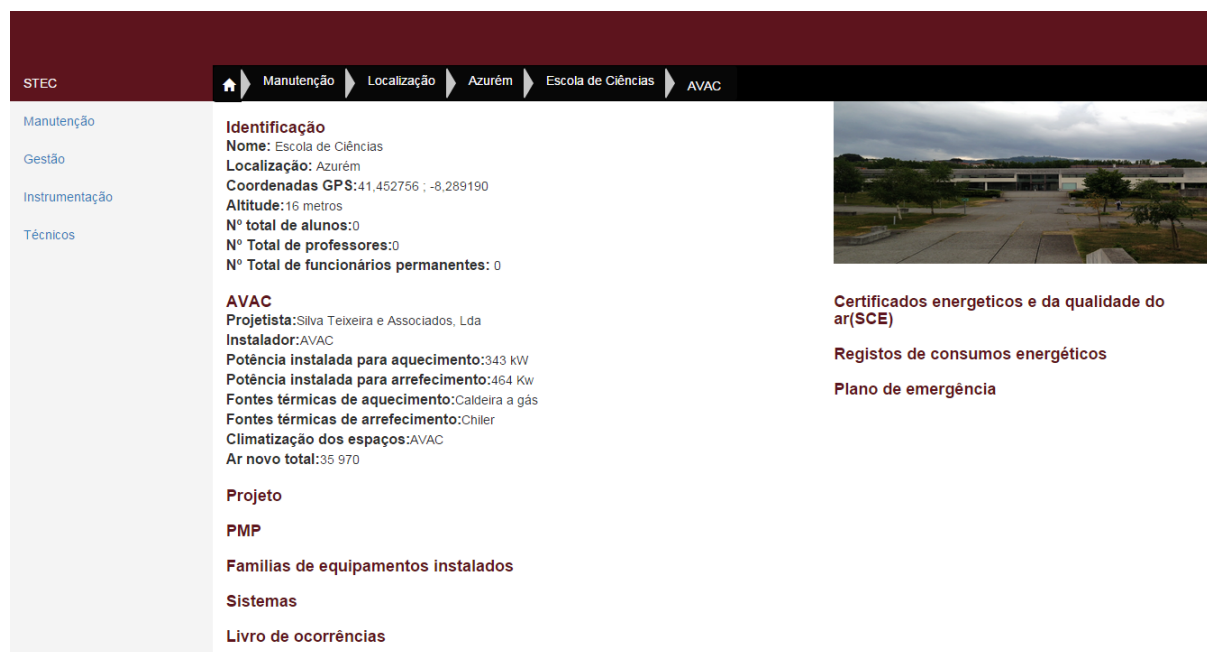


Figura 5.19: Captura de ecrã - *menu* ficha técnica do edifício

1. Projeto

Esta opção permite aceder às peças escritas (1.1) e peças desenhadas (1.2) que integram o projeto da especialidade selecionada anteriormente. O submenu peças desenhadas da manutenção (1.3) contém os desenhos da instalação complementados com as notações próprias da manutenção, como as referências dos equipamentos definidas de acordo com o PMP ou as referências de codificação das chaves das portas de acesso a cada local.

2. PMP

Esta escolha apresenta o PMP para a especialidade e para o edifício selecionados.

3. Livro de ocorrências

Esta ligação permite a visualização do livro de ocorrências (Figura 5.20) para a especialidade e para o edifício selecionados. O preenchimento do livro de ocorrências será maioritariamente automatizado, aquando do fecho das ordens de trabalho, que estão na base de todas as operações realizadas nos sistemas e equipamentos da instalação. Serão registados: a referência e a data de fecho da OT. Todos os detalhes da intervenção serão revelados quando selecionada a OT pretendida.

	Refª OT	Tipo de manutenção	Refª PMP	Refª PROJ	Data de Encerramento
Gestão	6	0	CALD1	Caldeira 1	2015-06-12 01:03:00
Instrumentação	4	0	231	213213	2015-06-12 01:04:00
Técnicos	7	0	231	213213	2015-06-12 01:22:00

Figura 5.20: Captura de ecrã - *menu* livro de ocorrências do edifício

4. Famílias de equipamentos

Esta é a principal opção deste módulo e aquela que reúne mais informação. No primeiro nível é apresentada a listagem das famílias da especialidade, presentes no edifício (4.1), sendo possível a qualquer instante a associação de uma nova família - Figura 5.21.

Família	Eliminar
3 - Gerador calor p/ água ou termofluido quente ou p/ vapor c/ combust. gasosos	
17 - Unidades de ventilação e extração	

Figura 5.21: Captura de ecrã - listagem de famílias pertencentes à especialidade AVAC presentes no edifício (parcial)

Após selecionar a família desejada (4.2) é devolvida a listagem de todos os equipamentos presentes que pertencem a essa família (4.3). A partir desta lista é possível escolher um determinado equipamento em particular (4.4) - Figura 5.22.

Refª PMP	Refª Projeto	Localização	Alterar	Remover
VE2	VE2	Cobertura		

Figura 5.22: Captura de ecrã - listagem de equipamentos da família 17 - Escola de Ciências (parcial)

Selecionando o equipamento pretendido é então apresentada uma nova janela que resume as suas principais características (4.5) e que por sua vez dá acesso a um novo rol de opções que se passam a descrever - Figura 5.23.

The screenshot displays a web-based interface for equipment management. At the top, a breadcrumb trail shows the path: STEC > Localização > Azurém > Escola de Engenharia > AVAC > Famílias > 2 - Unidades de ventilação e extração. On the left, a vertical menu lists categories: Manutenção, Gestão, Instrumentação, and Técnicos. The main content area is divided into several sections:

- Identificação:**
 - Nome: Ventilador das instalações sanitárias
 - Ref^o de Projeto: VE2
 - Ref^a de PMP: VE2
 - Família: Unidades de ventilação e extração
 - Marca: S&P
 - Modelo: TD200
 - N^o de série: 123
 - Ano de fabrico: 2001
 - Data de instalação: 2001
 - Qualificações do(s) técnicos:
- Ficha técnica detalhada**
- Consumíveis**
- Catálogos**
- Manuais de operação**
- Manuais de manutenção**
- Certificados**
- Localização e função principal:**
 - Edifício: Escola de Engenharia
 - Local de instalação: S&P
 - Função: Azurém
 - Circuito que integra: AVAC
 - Estado: Escola de Engenharia
- Plano de manutenção(PMP):**
 - Rotina de PMP
- Registo de manutenções:**
 - Registo de todas as ots
- Emissão de OT:**
 - Preventiva
 - Pontual
- Registo de dados de funcionamento**

There is also a QR code and a small image of the equipment (a cylindrical fan unit) shown in the interface.

Figura 5.23: Captura de ecrã - Ficha técnica do equipamento VE2

4.5.1 **Ficha técnica** – Apresenta a ficha técnica completa do equipamento selecionado.

4.5.2 **Impressão do QR Code** – Esta opção permite a impressão do QR Code. A leitura deste código permite visualizar a referência do equipamento no PMP, a referência utilizada em projeto para referenciá-lo, a marca, o modelo e o seu número de série.

4.5.3 **Manuais** – Possibilita o acesso a manuais e catálogos técnicos do equipamento.

4.5.4 **Rotinas do PMP aplicáveis ao equipamento** – Permite não apenas a visualização das rotinas e da respetiva periodicidade previstas no PMP para o equipamento, mas também o seu grau de execução através de um código de cores pré-estabelecido.

Assim, é visualizado num formato de tabela, a listagem completa de rotinas designadas para o equipamento e os doze meses do ano, existindo uma marcação em forma

de um “X” em cada mês que uma determinada rotina deve ser efetuada. É esta marcação que recorre ao referido código de cores, permitindo uma rápida perceção visual do grau de execução de todo o trabalho preventivo previsto para o equipamento.

As rotinas cuja data de realização não foi ainda atingida surgem com a referida marcação em preto. Se a rotina já tiver sido executada, a marcação surgirá a verde. Se uma determinada rotina está atrasada mas ainda não foi atingida a data prevista para a sua próxima execução, a marcação surgirá a amarelo. Neste caso ainda será possível a execução da rotina em atraso. Quando uma rotina não é executada e é atingida a próxima data prevista para a sua realização, a marcação passará a mostrar a cor vermelha, transmitindo a indicação de que não foi executada - Figura 5.24.

Intervenção preventiva	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Inspeção do estado das superfícies exteriores limpeza e eliminação de corrosões	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisão da pintura das superfícies exteriores			X			X			X			X
Inspeção dos telhados exteriores de proteção						X						X

Figura 5.24: Captura de ecrã - grau de execução das rotinas do PMP aplicáveis ao equipamento VE2 (parcial)

A atualização das cores no mapa anual de rotinas do PMP de um equipamento, é efetuada de forma automática através das OTs de carácter preventivo, conforme descrito mais adiante no módulo de Gestão.

4.5.5 **Registo de manutenções** – Permite a visualização de todas as OTs realizadas no equipamento, tenham elas carácter preventivo, corretivo ou de beneficiação. Este histórico é atualizado automaticamente, na altura do encerramento de uma nova OT - Figura 5.25.

Refª da OT	Tipo de prevenção	Data de Encerramento
4	0	2015-06-12 01:04:00
7	0	2015-06-12 01:22:00

Figura 5.25: Captura de ecrã - ordens de trabalho efetuadas no equipamento VE2 (exemplo)

4.5.6 **Emissão de ordens de trabalho** – Esta opção permite a emissão de ordens de trabalho para o equipamento selecionado, diretamente a partir da página da sua ficha

técnica. As categorias das ordens de trabalho poderão ser do tipo preventiva (sistemática ou condicionada), corretiva (avaria intrínseca ou extrínseca), de beneficiação ou de registo de dados de funcionamento.

A emissão de uma ordem de trabalho de carácter de manutenção preventiva sistemática, PMP, abre automaticamente uma janela do programa que permite a seleção do mês pretendido para a realização da OT - Figura 5.26. As rotinas de trabalho associadas ao equipamento em questão e ao mês selecionado, são automaticamente adicionadas à OT no formato de listagens de verificações, que serão mais tarde confirmadas pelo(s) técnico(s) durante a sua execução.

OT Manutenção Preventiva		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Gestão	Ventilador das instalações sanitárias	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

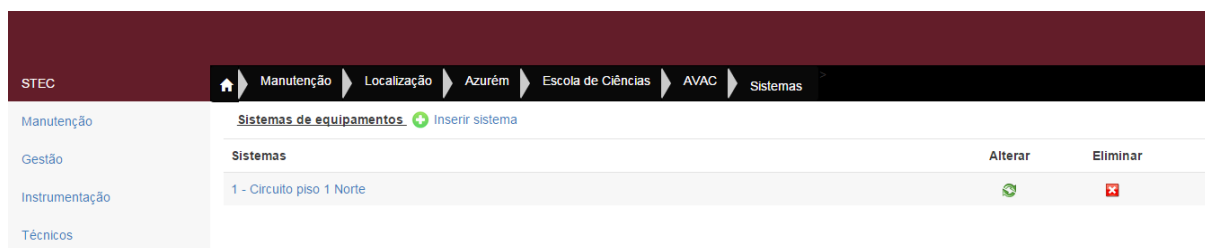
Figura 5.26: Captura de ecrã - seleção do mês para emissão de OT preventiva no equipamento VE2 (exemplo)

Todas as OTs com outro carácter que não o preventivo serão emitidas a partir da opção Emissão de OT pontual - Figura 5.23.

- 4.5.7 **Registo de dados de funcionamento** – Permite o acesso ao registo dos dados de funcionamento e de desempenho energético do equipamento, que serão armazenados em ficheiro do tipo folha de cálculo.
- 4.5.8 **Consumíveis** – Lista as referências, dimensões ou quantidades dos consumíveis do equipamento, eleitos pela gestão para reter em armazém.
- 4.5.9 **Certificados** – No caso de ser aplicável ao equipamento em questão, esta opção permite a visualização de todos certificados emitidos e que a ele dizem respeito. São guardados quer os certificados em vigor quer os anteriores e fora de prazo validade, para que exista um registo histórico e seja possível avaliar alterações ou tendências.

5. Sistemas de equipamentos

Esta opção lista os diferentes sistemas de equipamentos existentes na instalação (5.1). Após a seleção de um determinado sistema, são listados todos os equipamentos que a ele pertencem (5.2). A partir dessa listagem de equipamentos é possível selecionar um equipamento em particular. A interação com o programa a partir deste passo é exatamente a mesma que foi anteriormente descrita do ponto 4.5 em diante - Figura 5.27.

Figura 5.27: Captura de ecrã - *menu* sistemas

6. Certificados do SCE

A seleção deste atalho permite a visualização de todos certificados emitidos para o edifício no âmbito da infraestrutura selecionada. No caso do AVAC são listados os certificados e emitidos no âmbito do SCE. São guardados quer os certificados em vigor quer os anteriores e fora de prazo validade, para que exista um registo histórico e seja também possível avaliar alterações ou tendências.

7. Legislação

Optando por esta ligação é listado o conjunto da legislação em vigor aplicável à infraestrutura anteriormente selecionada. A partir dessa listagem será possível aceder diretamente ao documento pretendido, desde que tenha sido carregado na base de dados.

8. Plano de emergência

Esta ligação permite aceder ao plano de emergência definido para o edifício e para a infraestrutura em questão.

Analisando a Figura 5.15, importa ainda fazer referência a dois campos que nela surgem:

Alarmes da Manutenção

Quaisquer ocorrências relativas à infraestrutura selecionada, no que diz respeito a rotinas de manutenção preventiva em atraso ou a certificados cuja validade esteja a expirar ou se encontrem expirados, originam um alarme na página de entrada do módulo de Manutenção. A partir dessa sinalética é possível visualizar a listagem completa de todas as ocorrências geradoras de alarme.

Regras de codificação

As principais regras de codificação utilizadas na conceção do SGMCE foram descritas no ponto 5.5 desta tese. Nas páginas das fichas dos edifícios e dos equipamentos existirão atalhos que permitem a visualização das regras de codificação estabelecidas para cada situação.

5.6.2 Módulo de Gestão

O módulo de Gestão já referido anteriormente é o outro dos componentes fulcrais do SGMCE. Por intermédio dele, é possível efetuar o registo de fornecedores e dos seus técnicos, incluído as qualificações profissionais destes últimos. Permite também a gestão das ordens de trabalho, dos contratos de manutenção assinados pela instituição, de orçamentos pedidos ao exterior e dos consumíveis existentes em armazém.

A Figura 5.28 pretende ilustrar os processos geridos pelo módulo de Gestão.

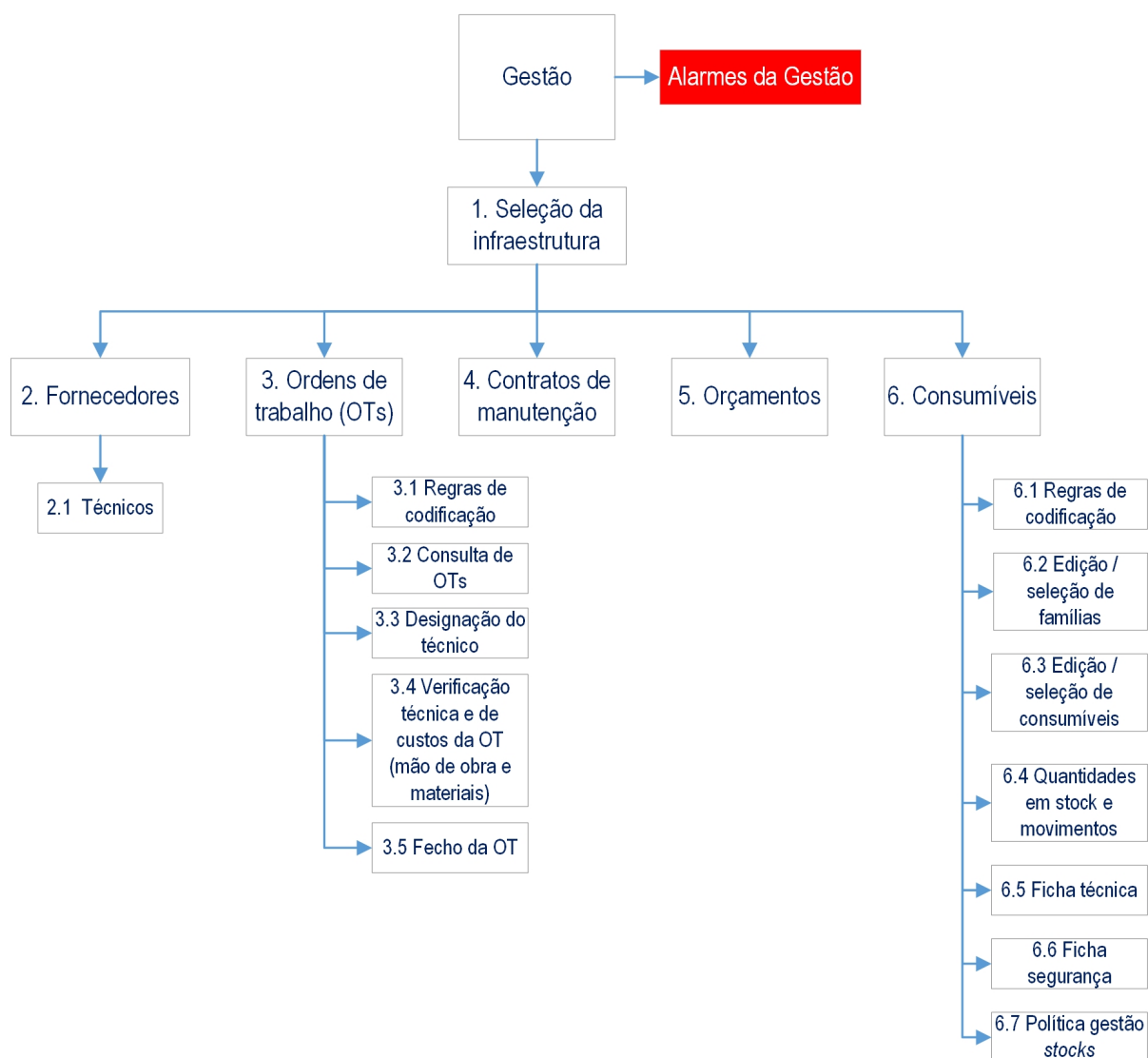


Figura 5.28: Estrutura do módulo de Gestão

Este módulo tem também uma interatividade significativa com o módulo de Manutenção. Conforme descrito anteriormente, o encerramento de cada ordem de trabalho vai ter uma

ação direta no preenchimento automático da tabela que permite a visualização do grau de execução do PMP para cada equipamento. Para esse efeito e conforme pré-estabelecido, a qualquer intervenção de qualquer carácter em qualquer equipamento, vai estar obrigatoriamente associada uma OT.

A interação com o módulo de Manutenção verifica-se também nos registos no livro de ocorrências e no histórico da manutenção dos equipamentos, aquando do encerramento das OTs.

Descrevem-se de seguida as funcionalidades deste módulo, recorrendo às referências numéricas utilizadas no seu fluxograma.

1. Seleção da infraestrutura

Esta opção permite seleccionar a infraestrutura do edifício onde se pretende trabalhar - Figura 5.29.

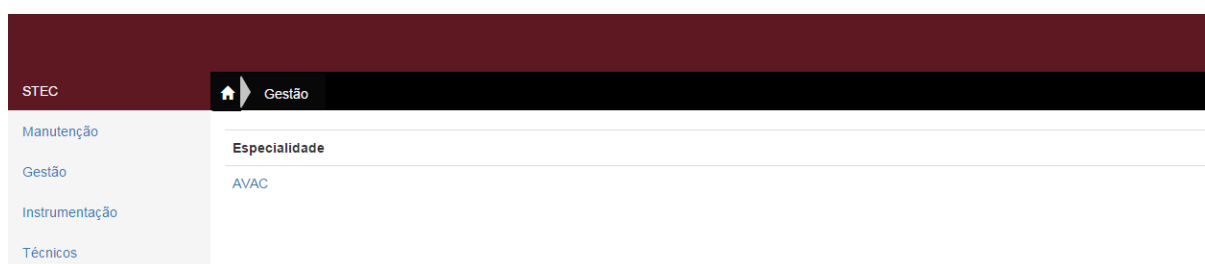


Figura 5.29: Captura de ecrã - *menu gestão* - seleção da especialidade

Após a seleção da infraestrutura desejada surge a listagens das opções correspondentes - Figura 5.30.

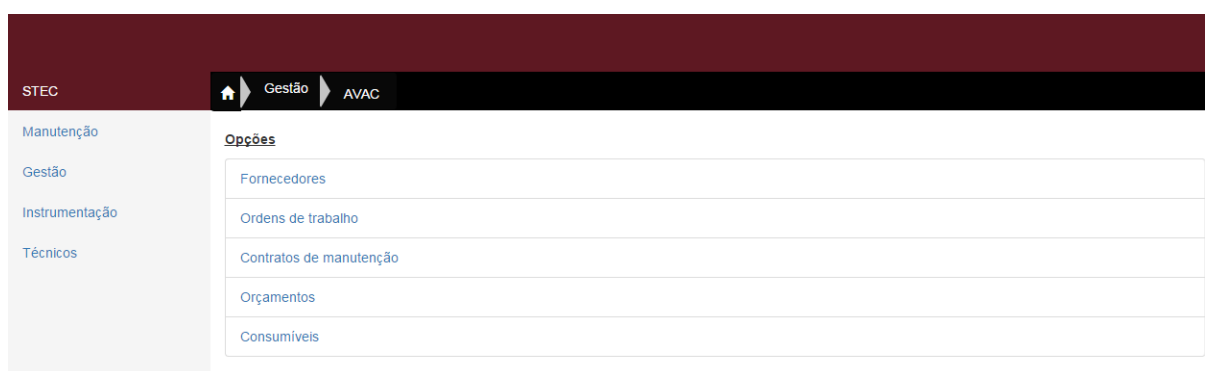


Figura 5.30: Captura de ecrã - *menu gestão* - opções associadas à especialidade selecionada

2. Fornecedores

Este atalho dá acesso à listagem de fornecedores, permitindo a adição, a edição ou a seleção de novos elementos. Após a seleção de um determinado fornecedor, é possível associar-lhe os técnicos de manutenção que disponibiliza para a prestação de serviços (2.1) - Figura 5.31.

Fornecedor	Alterar	Eliminar
EDP		
JPSR		

Figura 5.31: Captura de ecrã - *menu* fornecedores

Na caracterização de cada técnico devem ser definidos o seu custo-hora, as suas qualificações profissionais e o seu nome de utilizador no sistema. As qualificações profissionais servirão para verificar a competência do técnico designado pelo fornecedor, para efetuar uma determinada intervenção num certo equipamento aquando a emissão de uma OT. O custo hora da mão-de-obra contribuirá para quantificar o custo da OT aquando o seu encerramento - Figura 5.32.

Nome	Categoria Profissional	Custo hora	Alterar	Eliminar
Joao Resende	TIM2	10		

Figura 5.32: Captura de ecrã - *menu* inserir técnico


3. Ordens de trabalho (OTs)

As codificações utilizadas para processamento das OTs estarão disponíveis para consulta do utilizador (3.1).

A partir deste *menu*, é possível a consulta (3.2), a associação de técnicos (3.3) e o encerramento de OTs (3.5)- Figuras 5.33 e 5.34.

Refª OT	Associar Técnicos	Registar OT	Eliminar OT	Técnicos
Ventilador das instalações sanitárias 1-2015				Joao Resende;
Caldeira de água quente 1-2015				Joao Resende;
Ventilador das instalações sanitárias 2-2015				Joao Resende;

Figura 5.33: Captura de ecrã - *menu* gestão de ordens de trabalho



STEC

Gestão

Manutenção

Gestão

Instrumentação

Técnicos

Nº Serie: 123
Refº PMP: VE2
Localização: Cobertura
Marca: S&P
Código: Ventilador das instalações sanitárias 6-2015

Fornecedor

JPSR

Nome

Selecione o técnico

Atribuir OT

Figura 5.34: Captura de ecrã - associar técnicos às ordens de trabalho

Está previsto aquando a emissão de cada OT, um campo onde será colocada a referência da ordem de serviço do programa de gestão financeira utilizado pelos STEC. Essa ordem de serviço, reflete o conteúdo exato da OT que lhe deu origem. Desta forma consegue-se a ligação entre os processos registados nos programas de gestão técnica e financeira empregues na instituição.

A OT é um documento constituído essencialmente por três grandes campos:

- i. **Campo descritivo do trabalho a efetuar** - Faz referência às operações a executar, a procedimentos, a materiais a utilizar, a equipamentos, manuais ou outros cuidados a observar. No âmbito da manutenção preventiva, o seu conteúdo será baseado nas listagens de rotinas para o equipamento e para a periodicidade selecionados. Pretende-se com a utilização deste formato que os tempos consumidos pelos técnicos no seu preenchimento sejam reduzidos, bem como a atualização automática do PMP do equipamento quando a OT for encerrada pelo administrador do SGMCE.
- ii. **Campo de custos associados** – Cada técnico deve preencher o campo da OT relativo ao tempo consumido para a sua execução. Como o valor do custo por hora de cada técnico foi previamente introduzido no sistema aquando do seu registo prévio, o programa facilmente computa o custo total de mão-de-obra associado a cada OT. O técnico deve preencher igualmente os campos relativos a materiais consumidos e seu custo. Este último admite-se que poderá não ser sempre conhecido na altura da conclusão do trabalho. Assim, o administrador para além de verificar tecnicamente a execução de cada OT deve registar os valores omissos (3.4) antes de proceder ao seu encerramento (3.5).
- iii. **Observações** – O técnico deve fazer referência ao estado final em que o equipamento foi deixado, bem como a outras eventuais indicações consideradas importantes e que por isso sejam dignas de registo.

4. Contratos de manutenção

Esta opção permitirá efetuar a gestão da validade dos contratos de manutenção associados

a cada especialidade. Para tal, todos os contratos assinados deverão ser caracterizados e inseridos no sistema. Quando se atinja um determinado prazo de validade remanescente de um contrato, prazo esse definido pelo gestor da manutenção, será gerado um alerta de aviso para a necessidade da sua renovação ou substituição.

Funcionará igualmente como um arquivo de todos os contratos de manutenção assinados, estejam ou não válidos de forma a ser possível criar um histórico, possibilitando assim estabelecer tendências ou comparativos.

5. Orçamentos

Todos os orçamentos solicitados, sejam eles relativos a contratos de prestação de serviços ou de fornecimento de materiais serão geridos neste apêndice da aplicação informática.

Serão associados sempre que aplicável à respetiva ordem de trabalho ou ordem de serviço do programa de gestão Primavera.

Desta forma quaisquer orçamentos relativos a um determinado registo processual serão facilmente acedidos.

6. Consumíveis

Os menus que seguem permitem fazer a gestão dos consumíveis a reter em armazém.

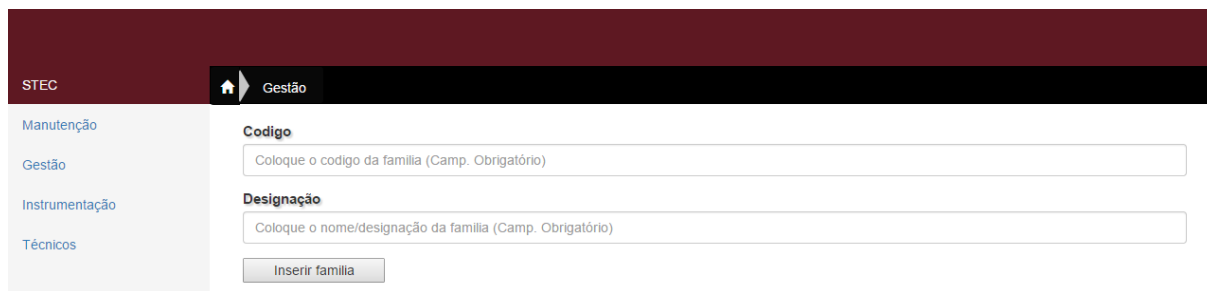
Os consumíveis seguem a codificação definida em 5.5.4 (6.1).

Assim, selecionando a opção consumíveis da Figura 5.30, surge a listagem dos consumíveis já inseridos no sistema - Figura 5.35.

Consumível	Alterar	Remover	Sotck
AVAC.010 - Filtros de ar.G4.600x500			
AVAC.020 - Correias de transmissão.SPA.1250 Lw			

Figura 5.35: Captura de ecrã - *menu* consumíveis

Para adicionar uma nova família de consumíveis, deverá ser selecionada a opção Inserir Família, surgindo uma nova janela para o efeito - Figura 5.36 (6.2).

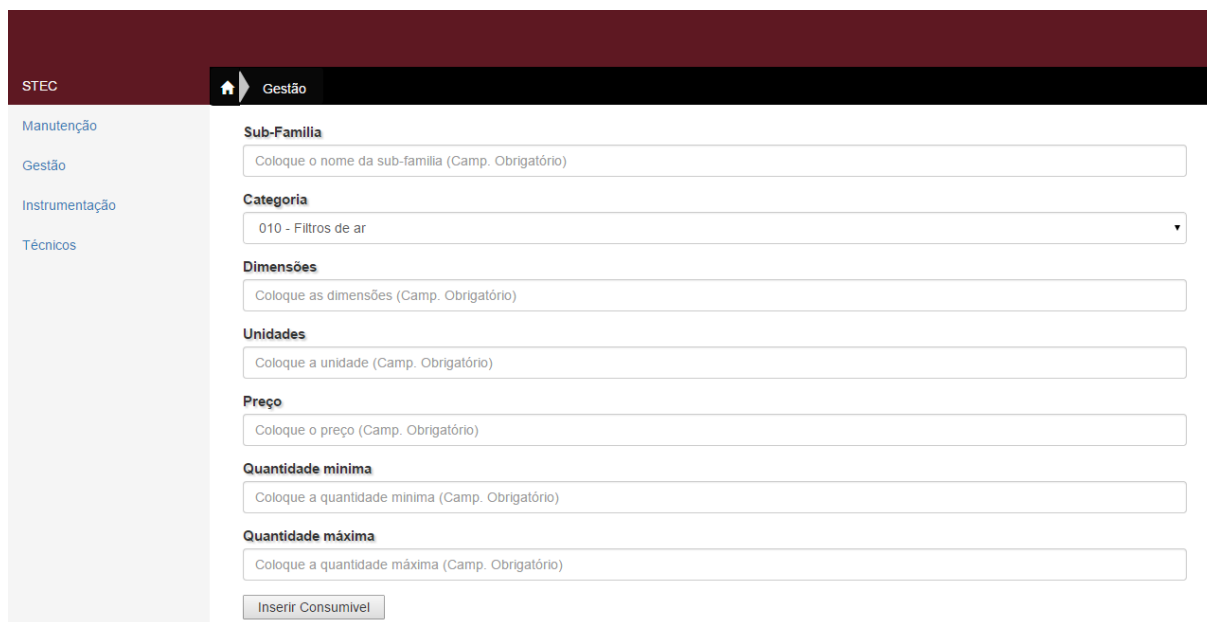


The screenshot shows a web interface for the STEC system. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Manutenção', 'Gestão', 'Instrumentação', and 'Técnicos'. The 'Gestão' item is highlighted. The main content area is titled 'Gestão' and contains the following fields and buttons:

- Código**: A text input field with the placeholder text 'Coloque o código da família (Camp. Obrigatório)'.
- Designação**: A text input field with the placeholder text 'Coloque o nome/designação da família (Camp. Obrigatório)'.
- Inserir família**: A button located below the 'Designação' field.

Figura 5.36: Captura de ecrã - *menu* inserir famílias

Da mesma forma, para adicionar um novo consumível, deverá ser selecionada a opção Inserir Consumível. Surge então a correspondente janela - Figura 5.37 (6.3).

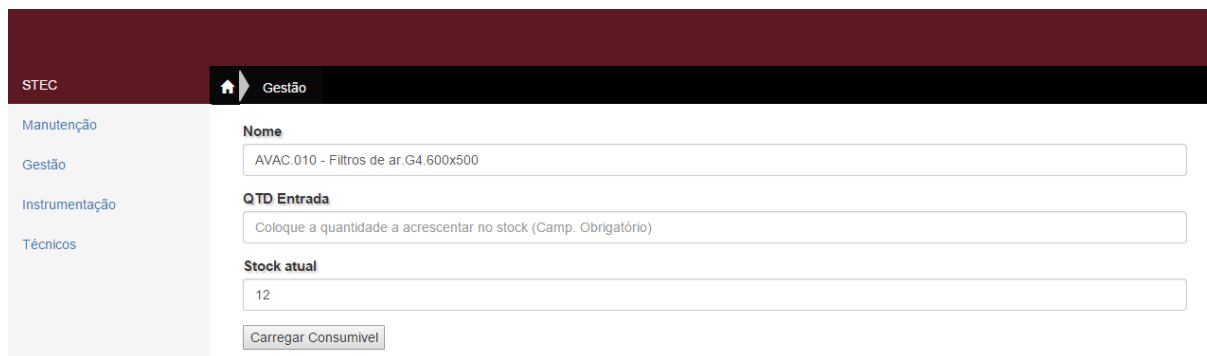


The screenshot shows a web interface for the STEC system. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Manutenção', 'Gestão', 'Instrumentação', and 'Técnicos'. The 'Gestão' item is highlighted. The main content area is titled 'Gestão' and contains the following fields and buttons:

- Sub-Família**: A text input field with the placeholder text 'Coloque o nome da sub-família (Camp. Obrigatório)'.
- Categoria**: A dropdown menu with the selected value '010 - Filtros de ar'.
- Dimensões**: A text input field with the placeholder text 'Coloque as dimensões (Camp. Obrigatório)'.
- Unidades**: A text input field with the placeholder text 'Coloque a unidade (Camp. Obrigatório)'.
- Preço**: A text input field with the placeholder text 'Coloque o preço (Camp. Obrigatório)'.
- Quantidade mínima**: A text input field with the placeholder text 'Coloque a quantidade mínima (Camp. Obrigatório)'.
- Quantidade máxima**: A text input field with the placeholder text 'Coloque a quantidade máxima (Camp. Obrigatório)'.
- Inserir Consumível**: A button located below the 'Quantidade máxima' field.

Figura 5.37: Captura de ecrã - *menu* inserir consumíveis

Para visualizar a quantidade de um determinado consumível em armazém, deverá ser selecionado o correspondente ícone, na última coluna, da página inicial do menu consumíveis - Figura 5.35. Surge então a quantidade atual em *stock* do artigo selecionado - Figura 5.38.



A screenshot of a web application interface for managing consumables. The interface has a dark red header with 'STEC' on the left and 'Gestão' on the right. A sidebar on the left contains menu items: 'Manutenção', 'Gestão', 'Instrumentação', and 'Técnicos'. The main content area is titled 'Nome' and contains a text input field with the value 'AVAC.010 - Filtros de ar.G4 600x500'. Below this is a section titled 'QTD Entrada' with a text input field containing the placeholder text 'Coloque a quantidade a acrescentar no stock (Camp. Obrigatório)'. Underneath is a section titled 'Stock atual' with a text input field containing the value '12'. At the bottom of the form is a button labeled 'Carregar Consumível'.

Figura 5.38: Captura de ecrã - *menu stock* de consumíveis

Quando se pretende adicionar novas unidades do artigo selecionado ao *stock* existente, deverá ser selecionada a opção Carregar Consumível. A saída de consumíveis de armazém será processada através das OTs que os vão utilizar para execução dos trabalhos nelas prescritos (6.4).

Será igualmente possível associar a cada consumível a sua ficha técnica e de segurança (6.5 e 6.6).

A política de gestão de *stocks* estará também disponível para consulta (6.7)

Alarmes da Gestão

Quaisquer ocorrências relativas à infraestrutura selecionada, no que diz respeito contratos de manutenção cuja validade esteja a expirar ou se encontrem expirados, ou a consumíveis cuja quantidade existente tenha atingido o ponto de encomenda, originam um alarme na página de entrada do módulo de Manutenção. A partir dessa sinalética é possível visualizar a listagem completa de todas as ocorrências geradoras de alarme.

5.6.3 Módulo de Técnicos de manutenção

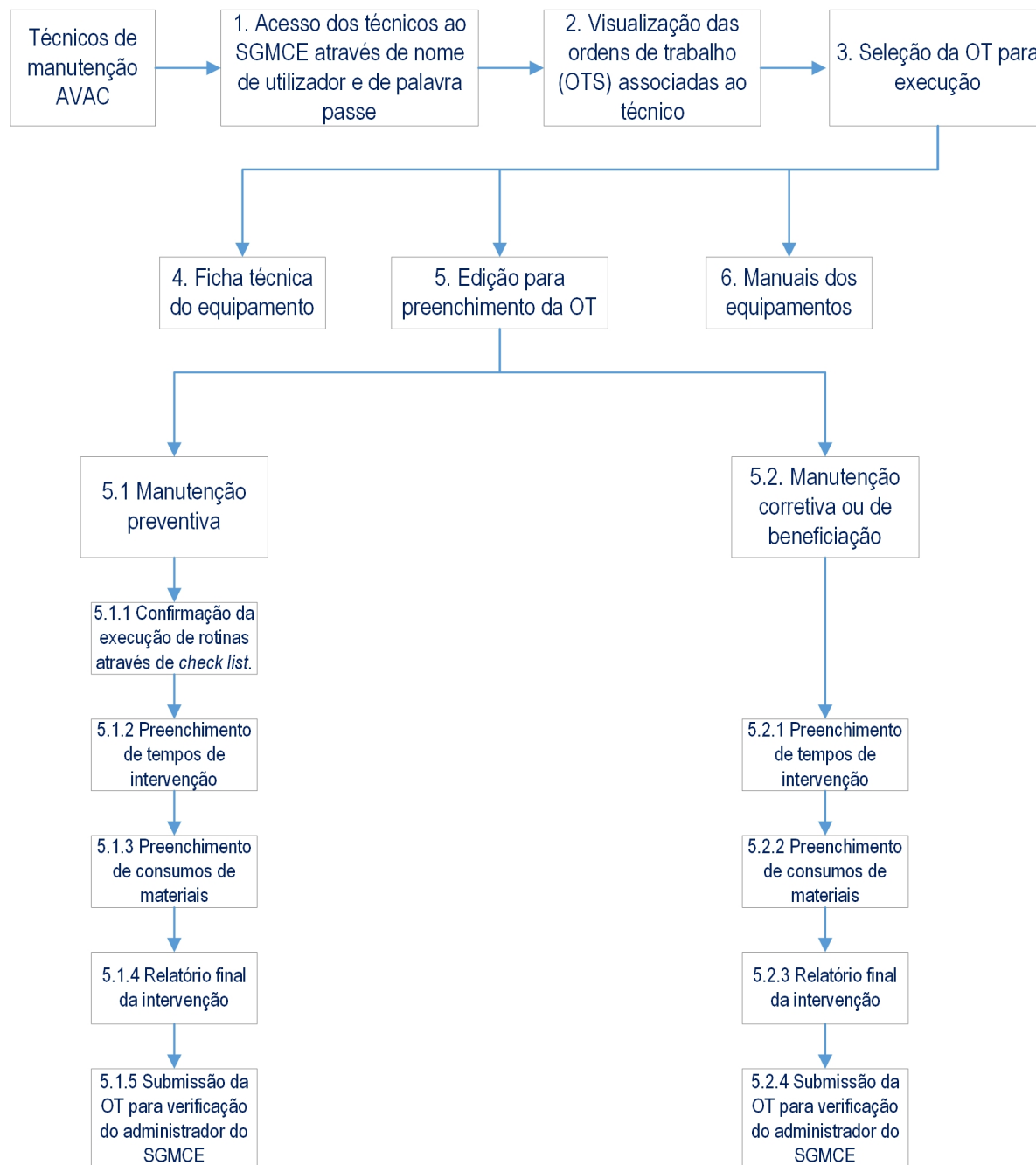


Figura 5.39: Estrutura do módulo de Técnicos de manutenção

A Figura 5.39 ilustra o funcionamento definido para o módulo Técnicos de manutenção. Os técnicos de manutenção, após efetuarem o seu registo no sistema através da introdução do seu nome de utilizador e palavra passe (1), visualizam as OTs que lhe foram atribuídas (2).

Selecionando uma determinada OT (3), têm acesso à ficha técnica (4) e aos manuais do equipamento onde vão intervir (6), bem como à edição dessa OT (5).

Os registos nas OTs serão feitos em conformidade com o ilustrado na Figura 5.39. Por já terem sido descritos no âmbito da explicação dos campos que fazem parte de cada OT, na página 111, não serão de novo repetidos.

5.6.4 Módulo de Instrumentação

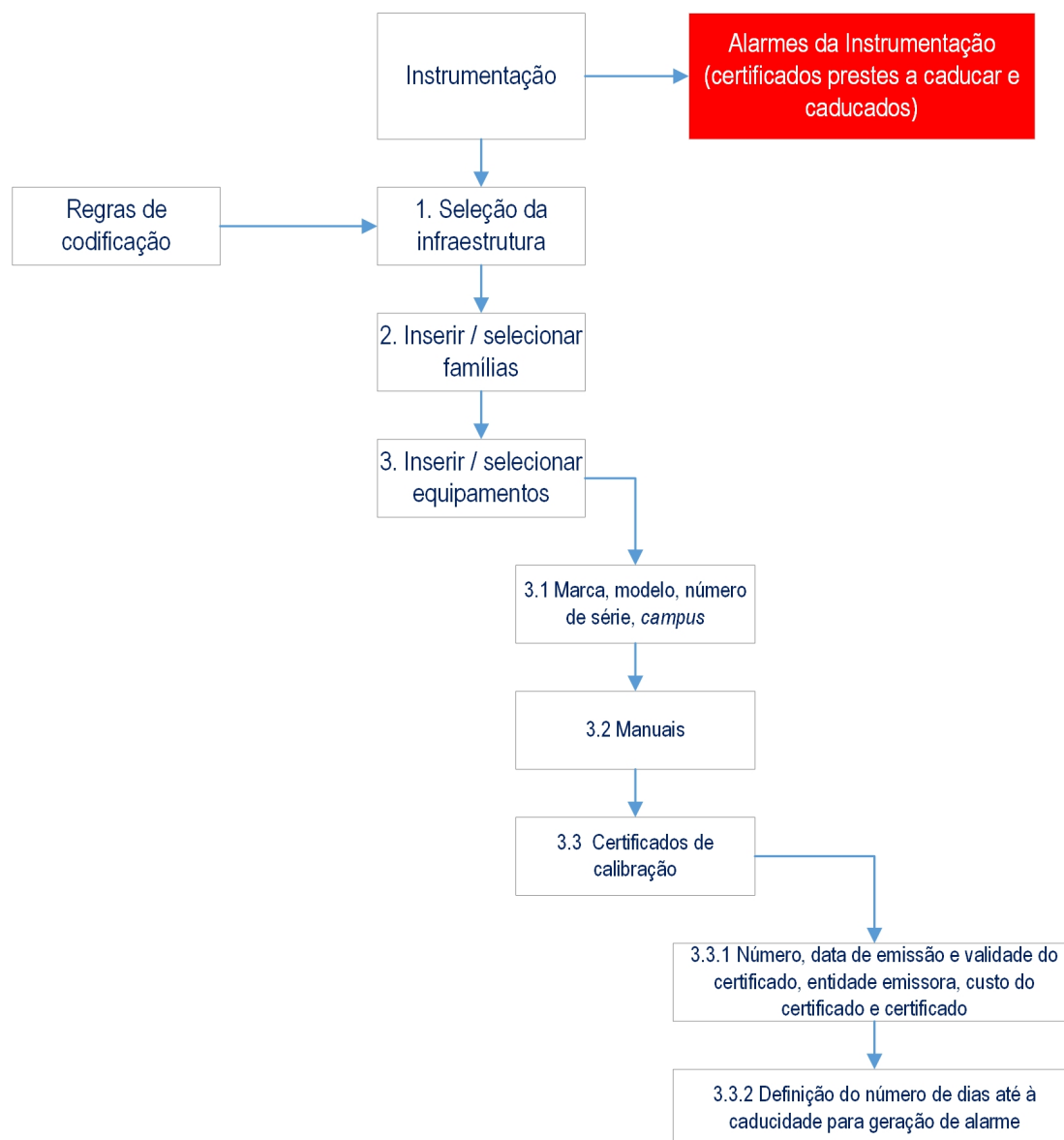


Figura 5.40: Estrutura do módulo de Instrumentação

Este módulo que se apresenta como outra nova ferramenta de gestão, funcionará de um modo completamente autónomo dos três apresentados anteriormente.

Da interpretação do esquema da Figura 5.40, é possível inferir que terá três principais funções: o cadastro de toda a instrumentação que a UM detém associada a cada especialidade, a compilação em suporte digital dos seus manuais e a gestão dos seus certificados de calibração (sempre que aplicável).

Será assim possível aferir rapidamente que instrumentos a universidade detém, em que campus se encontram, que funcionalidades disponibilizam (consulta dos seus manuais) e se estão ou não devidamente calibrados.

Será também possível processar e armazenar todo o histórico relativo aos certificados emitidos, incluindo referências, datas de emissão e validade, entidades emissoras e custos associados.

Sempre que o prazo de validade de um certificado de um instrumento esteja a um determinado número de dias do seu fim, número esse definido pelo gestor da manutenção, surgirá na aplicação um alarme de alerta para esse facto.

5.6.5 Módulo de Consumos energéticos

Conforme mencionado no capítulo 2, no ponto 2.2.3 (limitações), o SGMCE teve na sua conceção base a preocupação com a gestão dos consumos energéticos dos edifícios da instituição. A instalação de telecontagem em curso irá permitir o desenvolvimento de ferramentas que futuramente serão desenvolvidas e integradas nesta aplicação.

Fica registado o seu lugar e a sua importância através de um módulo dedicado, de acordo com o ilustrado na Figura 5.6.

5.6.6 Módulo de Relatórios e indicadores chaves de desempenho

Este módulo permitirá fazer consultas à base de dados da aplicação, processando rapidamente quantidades significativas de informação armazenada. Será necessariamente parametrizado após conseguida a necessária robustez dos módulos anteriormente descritos.

Alguns exemplos de consultas que poderão ser pré-definidas:

- Custo total anual de manutenção nos edifícios da UM;
- Custo total anual de manutenção preventiva no edifício A;
- Custo total anual de mão-de-obra nos edifícios do *campus* de Azurém;
- Custo total de manutenção do equipamento B;
- Indicador económico E16 para os edifícios da UM = custo total de manutenção preventiva / custo total de manutenção;
- Indicador técnico T17 para o equipamento C = tempo de funcionamento total / n.º de avarias.

Os indicadores chaves de desempenho terão logicamente em conta as orientações de gestão da administração da UM.

Constituirá uma ferramenta essencial para controlo de gestão, apoio a decisões económicas e para efeitos orçamentais, até à data inexistente.

Capítulo 6

Conclusões e trabalho futuro

6.1 Conclusões

Na sequência do trajeto definido na metodologia de trabalho que orientou esta tese, foi possível constatar que o comissionamento é o fator decisivo para a correta e articulada conceção, construção, exploração e manutenção de um edifício.

Para garantia de todo este processo é fundamental que a experiência dos profissionais envolvidos (dono-de-obra, projetistas, responsáveis pela condução e manutenção dos edifícios) seja devidamente articulada e implementada por um competente auditor de comissionamento. Apenas desta forma serão garantidas e implementadas as melhores soluções técnicas. Os Serviços Técnicos da Universidade do Minho desempenham este papel.

No caso particular das instalações de AVAC, ficou claro durante a fase de inspeção aos diversos edifícios, que as soluções construtivas que garantem maior longevidade às infraestruturas privilegiam para além de uma adequada seleção de materiais, bons acessos para manutenção e a instalação dos equipamentos em locais protegidos da exposição solar direta.

Na conceção do SGMCE foram previstos seis módulos estruturais. Três destes módulos, os que incorporam a grande maioria dos conteúdos e funcionalidades da aplicação (Manutenção, Técnicos de manutenção e Gestão), estão já em fase de testes para avaliação da robustez do seu funcionamento.

Um processo de comissionamento prolonga-se por toda a vida de um edifício. Permite atingir os objetivos que o seu proprietário para ele designou, dentro de patamares de custos de exploração energéticos e de conservação otimizados. Neste propósito, os planos de manutenção preventiva, para além de uma obrigação legal, desempenham um papel fulcral no sucesso do processo.

No decurso deste trabalho, verificou-se serem muito importantes as fases de recolha de

informação existente, inspeção a equipamentos e sistemas AVAC e o posterior tratamento da informação assim obtida. Fruto das inspeções, foram de imediato desencadeadas ordens de trabalho para limpeza de filtros e equipamentos, limpeza de permutadores de calor para aumento da eficiência de permuta, substituição de correias danificadas, entre outros.

A informação recolhida e sistematizada foi numa etapa anterior ao início do desenvolvimento da aplicação, organizada numa estrutura de pastas e colocada em nuvem através do *Google Drive*. Desta forma e via experimentação nas tarefas diárias de manutenção, foi possível ter uma ideia das potencialidades que uma aplicação estruturada e integrada à imagem SGMCE poderia ter para os Serviços Técnicos da Universidade do Minho. Rapidamente se acedeu a marcas, modelos, números de série e especificações de equipamentos ou dos seus consumíveis, acelerando o diálogo com as equipas de manutenção e com os fornecedores, permitindo maior eficácia e eficiência no processo.

A experiência de rapidamente e em qualquer edifício aceder a plantas, esquemas de princípio, desenhos de quadros elétricos, fichas técnicas ou manuais de equipamentos, melhorou a capacidade de resposta às solicitações dos utentes dos diversos edifícios do *campus* de Azurém. Tornou também as tarefas mais repetitivas menos morosas, e mais motivantes de executar para os técnicos de manutenção.

A arquitetura desenhada para o SGMCE permitirá funcionalidades adicionais de gestão através dos módulos de Consumos energéticos e de Relatórios e indicadores chaves de desempenho. As funcionalidades possibilitadas por este último módulo constituem uma das maiores valias de uma aplicação informática estruturada em base de dados, em detrimento de uma estruturada em pastas e ficheiros como a conseguida através do *Google Drive*. Permitirá abordagens estratégicas mais fundamentadas e conseqüentemente tomadas de decisão mais assertivas. Será possível monitorizar o grau de concretização de objetivos mais específicos e simular planos estratégicos baseados nos indicadores chaves de desempenho.

6.2 Trabalho futuro

No futuro imediato, o trabalho que se segue passará pela implementação dos módulos de Instrumentação e de Relatórios e indicadores chaves de desempenho, bem como pelos testes integrais da aplicação em funcionamento com alguns edifícios. Concluídos estes testes com sucesso, o SGMCE será aplicado gradualmente a todos os edifícios da UM.

Com alguns investimentos da universidade em curso, nomeadamente na instalação de contadores de energia, uma integração futura da aplicação com a monitorização energética, incluindo a importação de dados, possibilitará a exploração de novas funcionalidades. Poderão obter-se perfis de consumos energéticos para melhor aferir a implementação das medidas de melhoria, ou melhor calibrar auditorias energéticas. Poderão também ser gerados alarmes de consumo excessivo para períodos de inocupação, alertando para eventuais

equipamentos ou sistemas deixados ligados por esquecimento.

Outros desenvolvimentos poderão integrar protocolos que permitam a comunicação da aplicação com os programas de gestão técnica centralizada dos edifícios. Seria assim possível a aquisição de parâmetros de funcionamento dos equipamentos em tempo real e desta forma monitorizar instantaneamente a sua eficiência. Quaisquer desvios significativos poderiam gerar alarmes, despoletando automaticamente ordens de inspeção. Conseguiriam-se desta forma reações mais rápidas à correção de eventuais anomalias que possam interferir com a eficiente exploração energética do edifício e com o conforto dos seus utentes. Os registos de funcionamento dos equipamentos poderiam então ser realizados automaticamente, em intervalos de tempo definidos pelo gestor da manutenção.

Bibliografia

- Barreiros, Tiago Jorge Gadelho Tavares. Sistema de Gestão da Manutenção de Equipamentos e Instalações Técnicas. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- Bernardo, João. Direção - Geral de Energia e Geologia - Política Energética Nacional - desafios para 2020, novembro 2013.
- BPIE. The bpie data hub for the energy performance of buildings. <http://www.buildingsdata.eu/>, 2015. (Visitada em 22/03/2015).
- BSR/ASHRAE/IES. Commissioning Process for Buildings and Systems, november 2012.
- Cable, John H and Davis, JS. Key performance indicators for federal facilities portfolios: Federal facilities council technical report number 147. 2004.
- Cabral, José Paulo Saraiva. *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*. 2009.
- Cardoso, Helder André Lourenço. Implementação de uma ferramenta informática para gestão da manutenção de um edifício. Master's thesis, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012.
- Cash, Carol and Twiford, Travis. Improving student achievement and school facilities in a time of limited funding. *International Journal of Educational Leadership Preparation*, 4 (2):1–9, 2009.
- Collins, Thomas N and Parson, Kyleah A. School climate and student outcomes. *Journal of Cross-Disciplinary Perspectives in Education*, 3(1):34–39, may 2010.
- Corcoran, Thomas B et al. *Working in Urban Schools*. ERIC, 1988.
- Decreto-Lei n.º 118/1998. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República I Série A, n.º 105, maio 1998.
- Decreto-Lei n.º 118/2013. Sistema Certificação Energética dos Edifícios, regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação, regulamento de desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços. Diário da República I Série A, n.º 159, agosto 2013.

- Decreto-Lei n.º 152/2005. Diário da República I Série A, n.º 167, agosto 2005.
- Decreto-Lei n.º 156/1992. Regulamento da Qualidade dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República I Série A, n.º 173, julho 1992.
- Decreto-Lei n.º 35/2008. Diário da República I Série, n.º 41, fevereiro 2008.
- Decreto-Lei n.º 56/2011. Diário da República I Série, n.º 79, abril 2011.
- Decreto-Lei n.º 78/2006. Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. Diário da República I Série A, n.º 67, abril 2006.
- Decreto-Lei n.º 79/2006. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Diário da República I Série A, n.º 67, abril 2006.
- Decreto-Lei n.º 80/2006. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Diário da República I Série A, n.º 67, abril 2006.
- Despacho (extrato) n.º 15793-G/2013. Diário da República II Série, n.º 234, dezembro 2013.
- Doty, Steve. Tips for Applying Commissioning. *Energy Engineering*, 104(3):6–19, 2007.
- Earthman, Glen I. School facility conditions and student academic achievement. *UCLA's Institute for Democracy, Education, & Access*, 2002.
- Enck, H Jay. Commissioning of High performance Buildings. *ASHRAE Journal*, 52(1): 12–18, 2010. ISSN 00012491.
- Energy Star. Use energy star benchmarking tools | buildings utility menu | energy star. <http://www.energystar.gov/buildings/about-us/how-can-we-help-you/benchmark-energy-use/use-energy-star-benchmarking-tools>, 2015. (Visitada em 22/03/2015).
- EnergyIQ - Lawrence Berkeley National Laboratory. Energyiq | Action-Oriented Energy Benchmarking. <http://energyiq.lbl.gov/EnergyIQ/index.jsp>, 2015. (Visitada em 22/03/2015).
- European Commission Eurostat. File:final energy consumption, eu-28, 2012 (% of total, based on tonnes of oil equivalent) yb14.png - Statistics Explained. [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Final_energy_consumption,_EU-28,_2012_\(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\)_YB14.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Final_energy_consumption,_EU-28,_2012_(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent)_YB14.png), 2015. (Visitada em 22/03/2015).
- European Committee for Standardization, CEN . European Standard EN 13306, 2001.
- Instituto Português da Qualidade. <http://www1.ipq.pt/PT/Normalizacao/Pages/Normalizacao.aspx>, 2015. (Visitada em 07/02/2015).

- International Energy Agency , IEA. Annex 40 commissioning of building HVAC systems for improving energy performance. Technical report, 2004.
- Lavy, Sarel, Garcia, John A, and Dixit, Manish K. Establishment of kpis for facility performance measurement: review of literature. *Facilities*, 28(9/10):440–464, 2010.
- Lavy, Sarel, Garcia, John A., Scinto, Phil, and Dixit, Manish K. Key performance indicators for facility performance assessment: simulation of core indicators. *Construction Management and Economics*, 32(12):1183–1204, december 2014. URL <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2014.970208>.
- Lei n.º 58/2013. Diário da República I Série, n.º 159, agosto 2013.
- Moubray, John. *Reliability-Centered Maintenance*. Industrial Press, Inc., january 1997.
- Pintelon, Liliane and Parodi-Herz, Alejandro. Maintenance: an evolutionary perspective. In *Complex system maintenance handbook*, pages 21–48. Springer, 2008.
- Pordata. Pordata - Consumo interno bruto. <http://www.pordata.pt/Europa/Ambiente+de+Consulta/Gr%c3%a1fico>, 2015. (Visitada em 03/22/2015).
- Portaria n.º 349-A/2013. Diário da República I Série, n.º 232, novembro 2013.
- Portaria n.º 349-D/2013. Diário da República I Série, n.º 233, dezembro 2013.
- Portaria n.º 353-A/2013. Diário da República I Série, n.º 235, dezembro 2013.
- Price, Will and Hart, Reid. Using Bulls-Eye Commissioning to Save Energy in Commercial Buildings. 2002.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013. Estratégia para a eficiência energética - pnaee 2016 e estratégia para as energias renováveis - pnaer 2020. Diário da República I Série, n.º 70, abril 2013.
- Silva, João António Magalhães. Gestão da Manutenção de Edifícios – Análise de processos e especificação do sistema de suporte. Master's thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- Simões, Jorge M, Gomes, Carlos F, and Yasin, Mahmoud M. A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(2):116–137, 2011.
- Times Higher Education. 100 under 50 rankings 2015 results. <https://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2015/one-hundred-under-fifty>, 2015. (Visitada em 03/06/2015).
- UNE 100004 IN. Aenor. Mantenimiento preventivo de instalaciones térmicas, 2006.

Universidade do Minho. Relatório de gestão e contas individuais e consolidadas, 2013.

Universidade do Minho. Breve história da uminho. <http://www.uminho.pt/uminho/informacao-institucional/breve-historia-uminho>, 2015. (Visitada em 04/06/2015).

Wang, Liping, Greenberg, Steve, Fiegel, John, Rubalcava, Alma, Earni, Shankar, Pang, Xiufeng, Yin, Rongxin, Woodworth, Spencer, and Hernandez-maldonado, Jorge. Monitoring-based HVAC commissioning of an existing office building for energy efficiency. *Applied Energy*, 102:1382–1390, 2013. ISSN 0306-2619. doi: 10.1016/j.apenergy.2012.09.005. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.005>.

Xiao, Fu and Wang, Shengwei. Progress and methodologies of lifecycle commissioning of HVAC systems to enhance building sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5):1144–1149, 2009.